ONLLY®

ONLLY系列计算机自动化测试调试系统
ONLLY系列计算机继电保护测试系统
SIMPLE系列计算机自动化测试调试系统
SIMPLE系列计算机继电保护测试系统

用户手册



昂立电气

世界是相同的，不同的是掌握它的方法
时间是相同的，不同的是使用它的效率
资源是相同的，不同的是我更善于整合
电力是相同的，不同的是它不能储存
保护是相同的，不同的是绝大部分时间都处于等待
测试是相同的，不同的是始终只与您同时工作

尊敬的用户：

感谢您使用ONLLY系列计算机自动化测试调试（继电保护和计量）系统，希望本手册能够为您对本公司产品的熟悉和使用提供尽可能详细的帮助信息。如果仍有未尽之处，或者您需要其他的技术支持和服务，

欢迎致电：020-84797298 87667331 电力微波：97-3218414
也可以访问：www.onlly.com www.onllysimple.com
或发E_mail：onllymichael@163.com onllysimple@163.com
企业QQ:199869664 MSN：onllymichael@hotmail.com

广州昂立（ONLLY）电气公司
广州新普（SIMPLE）电气公司

附：

本手册适用于ONLLY和SIMPLE品牌的全系列产品，其中包括：
A系列（型号：A430 A460 A660 A860）
G系列（型号：6108G 4350G 4630G 6630G）
以及即将面世的D系列全数字化产品
和**广州新普（SIMPLE）电气公司**生产的 A310、A320“准三相计算机自动化测试调试（继电保护和计量）系统”

以上产品均为内嵌计算机一体化装置，为便于使用和避免重复，本手册以A460为标准编写，并适用于其余所有型号产品（细节局部略有不同）；如果软件升级和更新，增加和更新的内容和功能说明将随最新版本一并发布，您随时可以借助IT网络时代以第一时间获得。

声明

在保证不影响产品性能和用户使用的情况下，昂立保留改进本手册所有参数的权力，手册中的画面可能有所改变，请以实际画面和实体为准，恕不另行通知。

版权

有效期

本手册有效期至 2020 年，由于编写时间匆忙，书中难免有遗漏或错误的地方，恳请您的指正，不胜感激！并感谢华南理工大学和上海交通大学的老师和同学付出的辛勤劳动。

目 录

第一章 ONLLY 系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统

§1-1 简介 3

§1-2 面版说明 4

§1-3 注意事项 6

第二章 ONLLY 系列软件操作说明

§2-1 电压/电流 13

§2-1-1 电压/电流（交流） 13

§2-1-2 直流 17

§2-1-3 任意方式（手动试验） 20

§2-2 时间测量 23

§2-2-1 交流时间 23

§2-2-2 直流时间 27

§2-2-3 任意方式 30

§2-3 频率/滑差试验 33

§2-4 谐波叠加 37

§2-5 故障再现 41

§2-6 状态序列 45

§2-7 整组试验 49

§2-8 线路保护定值校验 57

§2-8-1 距离保护定值校验 57

§2-8-2 零序保护定值校验 65

§2-8-3 过流保护定值校验 69

§2-8-4 负序电流保护定值校验 72

§2-8-5 工频变化量阻抗继电器 75

§2-9 阻抗/方向型继电器 79

§2-9-1 阻抗/方向型继电器（动作值/灵敏角） 79

§2-9-2 阻抗特性（动作边界特性） 85

§2-9-3 精工电流，精工电压 95

§2-10 功率振荡 100

§2-11 差动保护 104

§2-11-1 常规差动（分相差动试验，2 路电流） 104

§2-11-2 扩展差动（三相差动试验，6 路电流）........109
§2-11-3 电铁变压器差动（5 路电流）........111
§2-12 自动准同期........113
§2-13 常规继电器测试........117
§2-13-1 电压继电器........117
§2-13-2 电流继电器........121
§2-13-3 功率方向继电器........125
§2-13-4 阻抗继电器........130
§2-13-5 差动继电器........135
§2-13-6 中间及信号继电器........140
§2-13-7 时间继电器........145
§2-14 反时限继电器特性........149
§2-14-1 i/t 特性........149
§2-14-2 u-t，f-t，u/f-t特性........152
§2-14-3 z/t 特性........156
§2-15 计量仪表........160

附录

附录一 ONLLY系列测试软件的安装........165
附录二 工控机报告上传........166
附录三 ONLLY报告查看........168

第一章

ONLLY 系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统

§1-1 简介

昂立（广州）电气公司是研发、生产 ONLLY 系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统及其配套产品的专业厂家，属高新企业，并依托**上海交通大学、西安交通大学、华南理工大学**等著名学府的科技优势，不断研发、生产一代又一代的新产品；自 1994 年底推出系列产品以来，迄今国内外用户已超过 3200 余家，其良好的产品质量和售后服务已经获得了用户的普遍认可。

ONLLY 系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统是参照中华人民共和国电力行业标准《DL/T624-1997 继电保护微机型试验装置技术条件》,在广泛听取用户意见的基础上，认真总结多年积累的产品开发和生产经验，采用目前最新的电子技术研制的新一代继电保护测试装置，可以独立完成继电保护、励磁、计量、故障录波等专业领域内的装置和元器件测试调试，广泛适用于电力、铁路、石化、冶金、矿山、军事、航空等行业的科研、生产和电气试验现场。

同前几代产品相比，ONLLY 系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统在测试精度、幅频特性、散热及可靠性等方面均取得了较大的进步，尤其是小信号波形和精度的处理。其主要特点表现为：

- 双操作系统，可以外接计算机运行，也可脱机独立运行（内置工控机一体化）二者的软件界面风格及操作方法保持一致；
- 测试仪面板兼具键盘设计，无需附加任何 PC 外设即可直接使用，现场操作尤为方便；
- 8.4″彩色液晶显示屏；
- 多路电压设计，Ux 相电压能提供多种输出方式，可以满足各种不同的测试需求；
- 装置可以立式或卧式放置，更好地适应于现场及其他各类调试场所；
- 测试仪内置 USB 和网络接口，可直接通过 USB 线或网络线和外接计算机相连；
- 脱机运行亦可支持鼠标操作；
- 脱机运行状态下，软件功能同样丰富；测试报告可保存于测试仪，以备查阅，也可以上传到外接计算机中进行编辑、打印等处理；
- 测试仪内置软件升级简单快捷，直接下传最新软件，无需改动任何硬件；
- 辅助计算功能强大，可自动计算正、负、零序电压电流，一、二次侧有功、无功、功率因数，以及各种故障量等；
- 单机多达 12 路 D/A 同时输出，满足变压器保护等全方位的调试；

§1-2 面版说明

ONLLY 系列测试仪的面版大致相同，在此仅作定性说明，如下图所示。不同型号具体的面版说明详见出厂时的硬件技术资料。



图 1　6 路电流输出的测试仪面版（型号：A460）

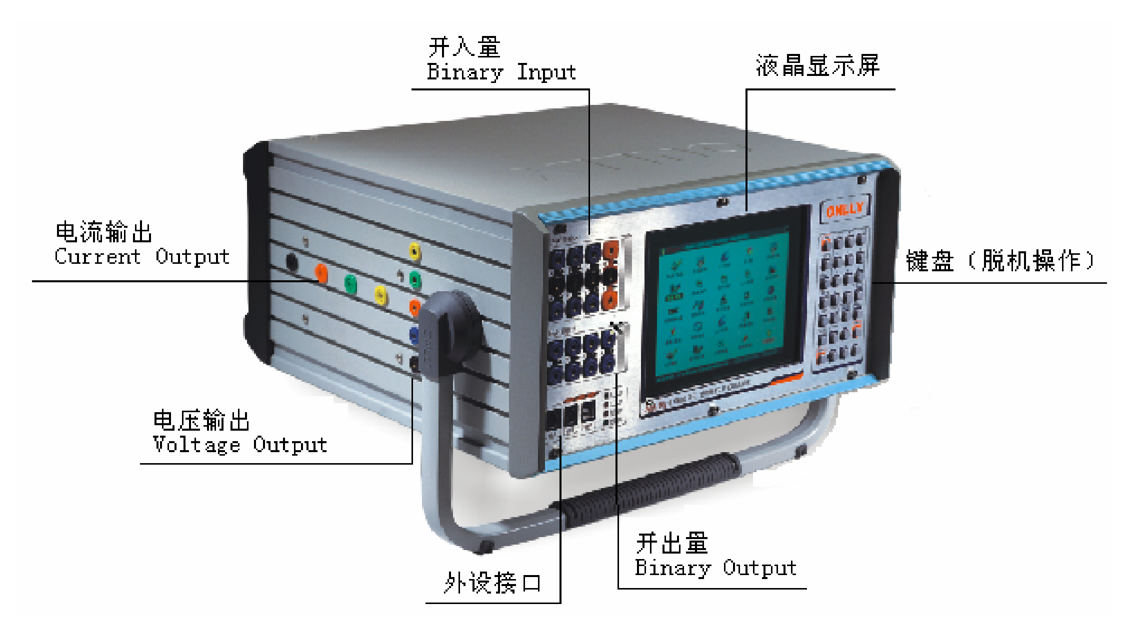


图 2　3 路电流输出的测试仪面版（型号：A430）

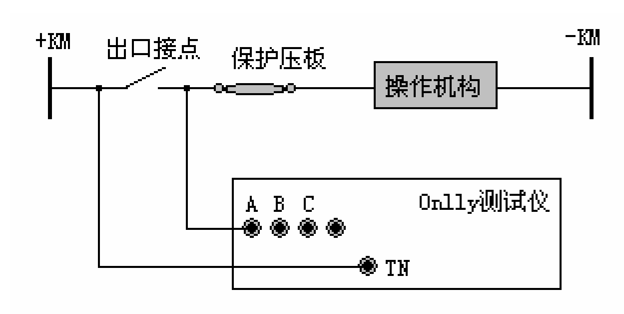
§1-2-1　接线端子

- Voltage Output　电压输出

一般地，Ua、Ub、Uc 分别对应 A、B、C 三相电压，第 4 路电压 Ux 的输出方式由软件设定，N 为电压接地端子（4630G 四个黑色端子内部均相通）；

- Current Output 电流输出

  一般地，Ia、Ib、Ic 分别对应 A、B、C 三相电流，N 为电流接地端子（Ia、Ib、Ic 任意两并或三并输出大电流时，建议将两个 N 端子并联输出）；A460 有两组电流输出 Ia、Ib、Ic、Ix、Iy、Iz；
- Binary Input 开入量
  - ✧ A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；
  - ✧ 开入量可以接空接点，也可以接 10～250V 的带电位接点，如下图示：



  一般地，A、B、C 分别连接保护的跳 A、跳 B、跳 C 接点，R 连接保护的重合闸接点；
- Binary Output 开出量

  开出量为空接点，接点容量 250V/2A，其断开、闭合的状态切换由软件控制；

§1-2-2 指示灯

- 1、2、3、4：开出量闭合指示灯；
- A、B、C、R、a、b、c、r：开入量闭合指示灯；
- Ia、Ib、Ic：电流输出回路正常指示灯（电流回路开路时，相应的指示灯亮）；

§1-2-3 操作按钮及键盘

- 1、2、3、4、5、6、7、8、9、0，• ：数字输入键；
- +、-：数字输入键，作“+”、“-”号用，亦可作为试验时增加、减小控制键使用，详见相应的测试软件；
- BkSp：退格键，用于数字输入时，退格删除前一个字符；
- Enter：确认键；
- Esc：取消键；
- PgUp、PgDn：上、下翻页键；
- ↑、↓、←、→：上、下、左、右光标移动键；
- Tab：切换键，具体功能由相应的测试软件设定；
- Help：帮助键；
- Start：开始“试验”的快捷键；
- F5、F8、F10：试验过程中的辅助按键，具体功能由相应的测试软件设定。

§1-3 注意事项

§1-3-1 注意事项

启动测试仪前，请确认：

1) 测试仪可靠接地（接地线端孔位于电源插座旁）；

2) **绝对禁止将外部的交直流电源引入到测试仪的电压、电流输出插孔！**

3) 工作电源误接 380VAC 将长期音响告警；

开始试验前，请确认：

1) 单相电流超过 15A 时，请按 F5 或根据提示选择切换到重载输出！

§1-3-2 操作步骤

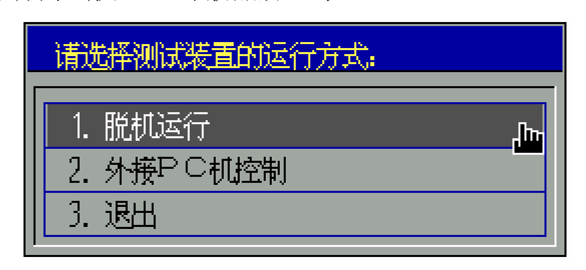
1) 关闭所有与测试仪连接的电源；

2) 利用专用测试导线：

✧ 将测试仪的电压、电流输出端子接至被测试的保护屏或其它装置；

✧ 将被测试保护屏或其它装置上的动作出口接点引回到测试仪相应的开入端子（注意：A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端）；

3) 开启电源开关，启动测试仪，此时液晶屏显示：



利用↑、↓键移动光标，按 Enter 选择所要求的测试仪运行方式；

✧ 脱机运行 ---- 即测试仪脱机独立运行，使用内置的工控测试软件进行试验操作，测试结果将直接存储在内置硬盘中。该方式省去了外接计算机的接线以及计算机和测试仪之间的连接，比较适合于现场空间狭小的测试场所；

✧ 外接 PC 机控制 ---- 选择该方式时，测试仪内的工控软件将自动退出，测试仪完全由外接的 PC 机控制；

a) 根据提示，选择测试仪和外接 PC 机的通讯端口：COM1，COM2，或 USB，屏幕显示“提示：外接 PC 控制（串口 COM1/COM2/通用串行总线 USB)”；

b) 启动外接 PC 机内的 ONLLY 测试软件 WINDOWS 版本，根据需要进行操作，如工控机软件上传、工控机软件升级等，双击相应的图标，即可进入相关子菜单界面，若子菜单界面显示“Welcome to ONLLY”，表示上下联机成功，否则将出现“联机失败”（注:一旦出现“联机失败”，请确认连接线端口选择

是否正确，连接是否可靠，然后用鼠标点击界面上方的“联机”菜单或图标按钮，尝试重新联机）；

✧ 退出 ---- 测试仪进入屏幕保护状态；

§1-3-3 软件测试功能

1） 电压/电流 ----测试电压、电流、功率方向、中间继电器等各类交直流型继电器的动作值、返回值，以及灵敏角等。

本菜单同时也是整套测试软件中最基本的菜单，可以同时提供 4 路（或 6 路）电压，3 路（或 6 路）电流；手控试验方式下，各路电压电流的幅值、角度和频率可以任意调整。

2） 时间测试 ---- 测试电压、电流、功率方向、中间继电器等各类交直流型继电器的动作时间，以及阻抗继电器的记忆时间等。

3） 频率/滑差试验----测试频率继电器、低周/低压减载装置等的动作值、动作时间，以及滑差闭锁特性。

4） 谐波叠加 ----测试谐波继电器的动作值、返回值，各相电压、电流可同时叠加直流、基波及 2～20 次谐波信号。

5） 故障再现 ----将 COMTRADE 标准格式的录波文件通过测试仪进行波形回放，实现故障再现。

6） 状态序列 ----用户自由定制的试验方式，程序提供了 50 种测试状态，所有状态均可以由用户自由设置，状态之间的切换由时间控制、按键控制、GPS 控制或开入接点控制。各状态下 4 对开出量的开合能自由控制，可用于模拟保护出口接点的动作情况，尤其方便于故障录波器的独立调试。

7） 整组试验 ----测试线路保护的整组试验，可模拟瞬时性、永久性、转换性故障，以及多次重合闸等。双端线路保护的 GPS 对调，如高频保护、光纤纵差保护等。

8）线路保护定值校验 ----测试距离、零序、过流、负序电流以及工频变化量阻抗等线路保护的定值校验，定性分析保护动作的灵敏性和可靠性。

9）阻抗/方向型继电器 ----测试阻抗/方向型继电器的动作值、返回值、灵敏角，以及动作边界特性，精工电流，精工电压等。

10)功率振荡 ----以单机对无穷大输电系统为模型，进行双端电源供电系统振荡模拟，主要用于测试发电机的失步保护、振荡解列装置等的动作特性，以及分析系统振荡对距离、零序等线路保护动作行为的影响等。

11） 差动保护 ----测试发电机、变压器、发变组以及电铁变压器等的差动保护的比例

制动特性曲线和谐波制动特性等。

12）自动准同期 ----测试同期继电器或自动准同期装置的动作电压、动作频率和导前角（导前时间）等，也可以进行自动调整试验。

13）常规继电器测试 ----用于进行单个常规继电器（如电压、电流、功率方向…，时间、中间及信号继电器等）元件测试，可以完成动作值、返回值、灵敏角以及动作时间等的测试。

14)反时限继电器特性 ----用于反时限继电器的动作时间特性测试,包括 i-t 特性,u-t、f-t、u/f-t 特性，以及 z-t 特性。

15)计量仪表 ---- 校验交流型电压表、电流表、有功功率表、无功功率表，以及变送器等计量类仪表。

§1-3-4 产品型号简介

由广州昂立（ONLLY）电气公司生产的“三相、六相计算机自动化测试调试（继电保护和计量）系统”

6108G 4*130V 3*40A 8 对开入 4 对开出

4350G 4*130V 3*50A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出

4630G 4*130V 6*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出

6630G 6*130V 6*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出

A430 4*125V 3*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出 可网络通讯

A460 4*125V 6*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出 可网络通讯

A660 6*125V 6*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出 可网络通讯

A860 8*125V 6*30A 8 对开入 4 对开出 电网同步输出 可网络通讯

由广州新普（SIMPLE）电气公司生产的“准三相计算机自动化测试调试（继电保护和计量）系统”

A310 3*125V 1*100A 4 对开入 2 对开出 电网同步输出

A320 3*125V 2*50A 4 对开入 2 对开出 电网同步输出

更多详细功能和硬件参数，请参考相应型号的硬件装置说明资料。

电压功放输出功率：125V 带 300 欧的负载不变，全范围保证精度，大于任何微机保护装置 PT 的负载（一般大于 1000 欧)；

电流功放输出功率：30A 带 0.25 欧的负载不变，全范围保证精度，大于任何微机保护装置 CT 的负载（一般小于 0.15 欧)；

精度：小于 0.01%量程+0.1%读数

上述表达方式只是强调：被测试装置的负载是不随电压、电流值改变而改变的,以解释 5A 电流时可以输出 75VA 的功率（负载为 3 欧）被误导说成不大等等。

注：以上产品精度均保证线性度，如果您希望以您使用的表计作为标准，可以通过软件方式设置补偿系数来达到您的要求，“脱机运行”方式主菜单中的“硬件参数”里可以设置。

第二章

ONLLY 系列测试软件操作说明

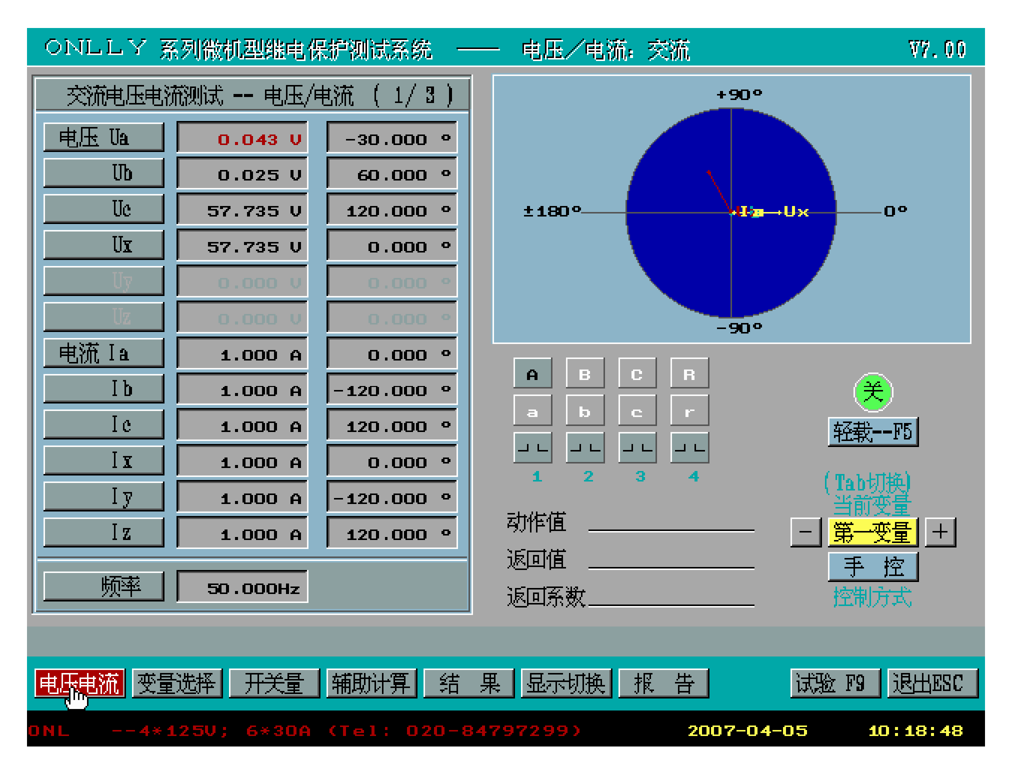
§2-1 电压/电流

本菜单下包括三个测试菜单：电压/电流（交流）、直流、任意方式（手动试验）。

§2-1-1 电压/电流（交流）

本菜单主要用于测试电压继电器、电流继电器、功率方向继电器等各类交流型继电器的动作值、返回值、灵敏角以及动作时间等。

本菜单也是整套测试软件包中最基本的菜单，可以同时提供 4 路电压（或 6 路）、3 路（或 6 路）电流输出，而且手控试验方式下，各路电压电流的幅值、角度和频率可以任意调整。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 3 页显示，包括电压电流，变量选择，开关量；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据“显示切换”的选择，程序提供了 3 种辅助显示方式，包括矢量图、线序分量以及功率显示；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前变量、试验控制方式、开入/开出量状态、试验结果等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电压电流、变量选择、开关量：**此 3 项分别对应控制参数设置区的 3 页参数，光标移动到此 3 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时

按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区。

✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

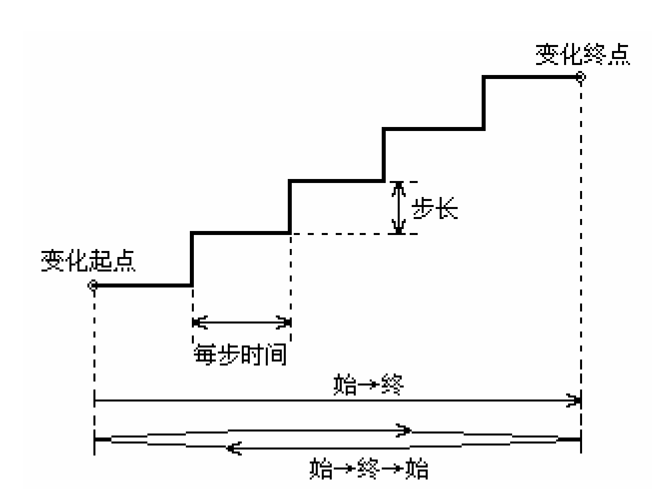
- **辅助计算**：提供变压器 I、II 次侧 CT 二次电流的相互归算。
- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数（灵敏角）等。
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示电压、电流，程序提供了 2 种方式，包括矢量图和线序分量，并提供了功率显示。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验。

§2-1-1-1 基本原理

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



§2-1-1-2 变量说明

1/3 电压电流：

- **电压** Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），**电流** Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）：设置测试仪各路电压、电流的输出幅值和相位。

  试验控制方式设置为手控时，各路电压电流的幅值、相位在试验过程中可根据需要进行实时修改调整。

- **频率**：设置测试仪的电压电流输出频率，1～1000Hz。

  注：同步方式选择“电网同步”时，本选项固定为当前电网频率大小。

2/3 变量选择：

- **第一变量、第二变量、第三变量**：设置试验过程中的变化量及其变化步长，一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
  - ✧ 程控试验时，仅第一变量有效；
  - ✧ 手控试验时，第一、二、三变量均有效，试验过程中的当前变量可以通过 Tab 键在三者之间切换。
- **记录变量**：试验过程中动作或返回时需要记录的变量，默认和第一变量相同，也可另行选择。
- **程控/手控**：选择试验过程的控制方式，
  - ✧ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的干预仅限于通过 Esc 键中止试验。
  - ✧ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 Tab 切换当前变量，按 “+”、“-” 键增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，用户也可以按 F8（Aux2）记录动作值，按 F10（Aux3）记录返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后用户可按 Esc 键中止试验。

（以下参数仅对程控试验有效）

- **变化范围**：第一变量变化的起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值。
- **变化方式**：第一变量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，
  - ✧ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；
  - ✧ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值；
- **每步时间**：第一变量按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **返回方式**：第一变量的返回方式，
  - ✧ “动作返回”时，第一变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则根据变化方式确定是否继续试验：变化方式为“始→终”，结束试验；变化方式为“始→终→始”，改变第一变量的变化方向，向起点返回。
  - ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，第一变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

  注：灵敏角的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！
- **每步前复归**：每步变化前是否需要输出一个复归状态(模拟故障前，以使保护复归)；

  - ✧ 常规继电器一般不需要每步前复归，试验过程中，第一变量连续变化；
  - ✧ 某些微机型保护可能需要每步前复归，试验过程中，第一变量脉冲式变化，即每步变化输出前先输出一复归状态；
- **复归时间**：复归状态输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；
- **复归电压**：复归状态为空载状态，空载电压由“复归电压”参数决定；

3/3 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态:闭合，或断开。
- **同步方式**：选择单台或多台测试仪运行时的电压电流输出同步方式。程序提供了 3 种同步方式，
  - ✧ 单机运行：独立运行，各台测试仪之间的电压电流输出相互独立；
  - ✧ 电网同步：测试仪输出的电压电流与所联接电网的电压同步，即输出频率由当前的电网频率决定；
  - ✧ GPS 同步：通过 GPS 连接，提供多台测试仪之间的电压电流同步输出；
- **Ux 设置**：第 4 路电压的输出方式，程序提供了 8 种不同的输出方式，包括：$+3U_0$、$-3U_0$、$+3U_0*\sqrt{3}$、$-3U_0*\sqrt{3}$、U_a、U_b、U_c 和任意方式。当选择为“任意方式”时，电压 Ux 的大小、角度可由用户根据需要任意设定；

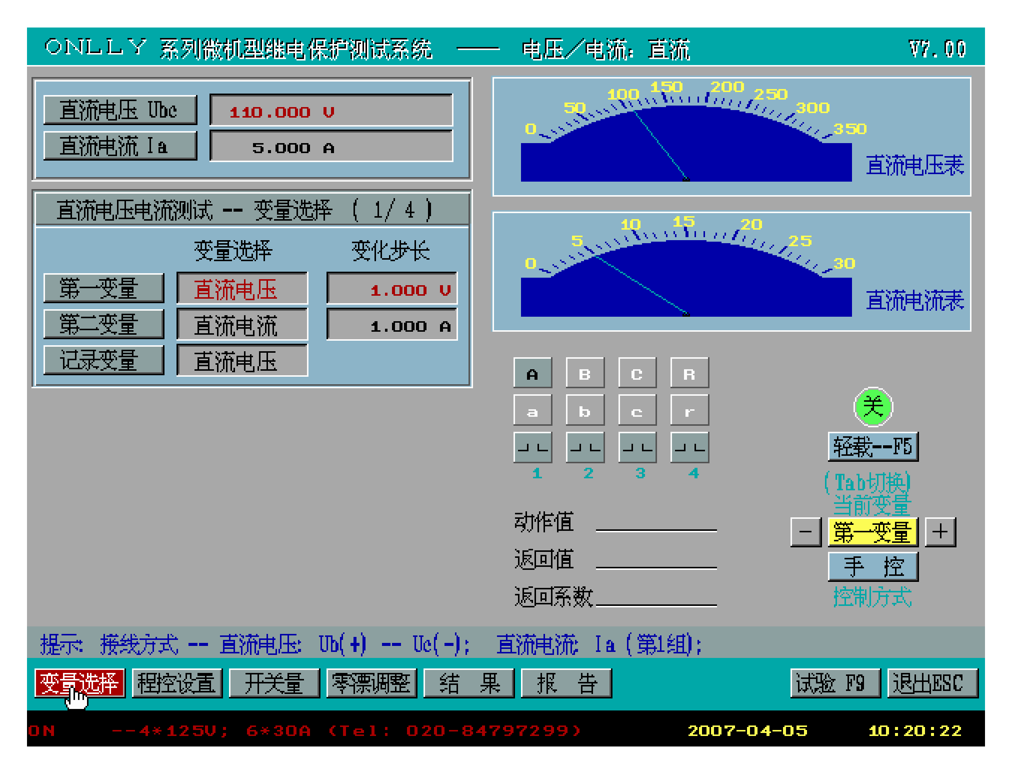
辅助计算：

- **接线方式**：选择变压器的接线方式，程序提供了 Y/Y-12，Y/△-11，Y/△-1 三种接线方式。
- **变压器 Sn，U1n，U2n**：分别设置变压器的额定容量、I 次侧额定电压、II 次侧额定电压；
- **CT 变比 CT1，CT2**：分别设置变压器 I、II 次侧的 CT 变比，接线方式均已默认为 Y/Y-12；
- **I1n/I2n**：根据前面所设置的变压器参数，程序自动计算出变压器 I、II 次侧的 CT 二次额定电流之比；
- **I1（a），I2（a）**：输入变压器某一侧的 CT 二次电流，程序自动计算出另一侧与之相平衡的 CT 二次电流；

§2-1-2 直流

本菜单主要用于测试直流电压继电器、直流电流继电器、中间继电器等各类直流型继电器的动作值、返回值以及动作时间。

注：本试验中，直流电压的从 Ub、Uc 端孔输出，Ub（+），Uc（-）；直流电流由 Ia（第 1 组）输出，请注意接线方式！



主界面分为四个区域：

- 左上区：电压、电流设置区，实时显示、修改直流电压、电流的大小；
- 左下区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括变量选择，程控设置，开关量和零漂调整；
- 右上区：电压、电流表显示区，以表计方式显示当前输出的直流电压、电流；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前变量、试验控制方式、开入/开出量状态、试验结果等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **变量选择、程控设置、开关量、零漂调整**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区和电压电流设置区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

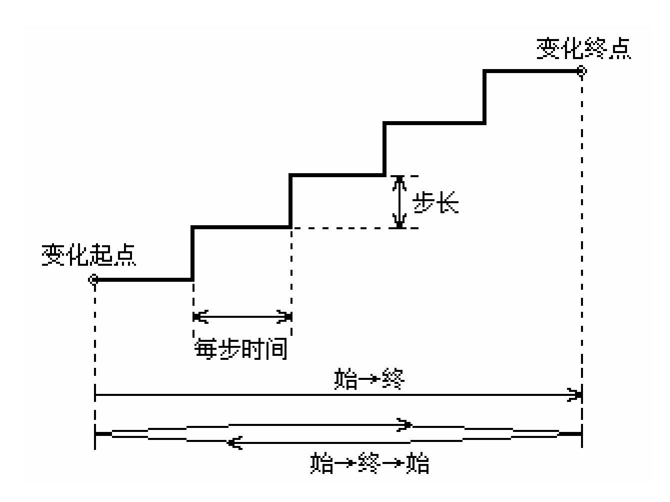
- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-1-2-1 基本原理

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



§2-1-2-2 变量说明

1/4 变量选择：

- **第一变量、第二变量**：设置试验过程中的变化量及其变化步长，

一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

✧ 程控试验时，仅第一变量有效；

✧ 手控试验时，第一、二变量均有效，试验过程中的当前变量可以通过 Tab 键在二者之间切换。

- **记录变量**：试验过程中动作或返回时需要记录的变量，默认和第一变量相同，也可以另行选择。

2/4 程控设置：

- **程控/手控**：选择试验过程的控制方式，

✧ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的干预

仅限于通过 Esc 键中止试验。

✧ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 Tab 切换当前变量，按 “+”、“-” 键增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，用户也可以按 F8（Aux2）记录动作值，按 F10（Aux3）记录返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后用户可按 Esc 键中止试验。

（以下参数仅对程控试验有效）

- **变化范围**：第一变量变化的起点，终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值。
- **变化方式**：第一变量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，
  - ✧ “始→终”为单程变化，只能测动作值；
  - ✧ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值；
- **每步时间**：第一变量按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **返回方式**：第一变量的返回方式，
  - ✧ “动作返回”时，第一变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则根据变化方式确定是否继续试验：“变化方式”为“始→终”，结束试验；“变化方式”为“始→终→始”，改变第一变量的变化方向，向起点返回。
  - ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，第一变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态:闭合，或断开。

4/4 零漂调整：

一般不需设置此页参数，只有当直流电压、电流输出偏离设定值较大时方需要调整此参数。

- **电压零漂**：直流电压设定为 0 时的实际输出测量值；
- **电流零漂**：直流电流设定为 0 时的实际输出测量值。

§2-1-3　任意方式（手动试验）

本菜单主要用于手动测试电压继电器、电流继电器等各类交、直流型继电器的动作值、返回值、灵敏角以及动作时间等。

本菜单可以同时提供 4 路电压（或 6 路）、3 路(或 6 路)电流输出，而且各路电压电流的幅值、角度、频率以及交、直流输出方式可以任意调整。



主界面分为两个区域：

- 上半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 3 页显示，包括电压电流，变量选择，开关量；
- 中下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电压电流、变量选择、开关量**：此 3 项分别对应控制参数设置区的 3 页参数，光标移动到此 3 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区。
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数（灵敏角）等。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验。

§2-1-3-1 基本原理

本试验为手动控制方式。

试验开始后，根据需要可同时增加和减小 4 路（6 路）电压、3 路（6 路）电流的幅值及角度，也可以由用户自行输入所需要的电压、电流。

§2-1-3-2 变量说明

1/3 电压电流：

- **电压** Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），**电流** Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）：设置测试仪各路电压、电流的输出幅值、相位和频率。
  各路电压电流的幅值、相位和频率在试验过程中可根据需要进行实时修改调整。
- **直流？**：设置测试仪的电压电流输出方式：交流或直流。
  打“√”者表示选中，输出为直流，否则默认输出为交流。

2/3 变量选择：

- **幅值步长、相位步长、频率步长**：设置试验过程中的变化量的变化步长，一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
  - ✧ 在变化量后面的方框内打“√”者表示该变化量选中，为当前变量。
  - ✧ 当选择为直流输出时，只有幅值步长可以变化。
  - ✧ 试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 “+”、“-” 键同时增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，用户也可以按 F8（Aux2）记录动作值，按 F10（Aux3）记录返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后用户可按 Esc 键中止试验。

3/3 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。
  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；
  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

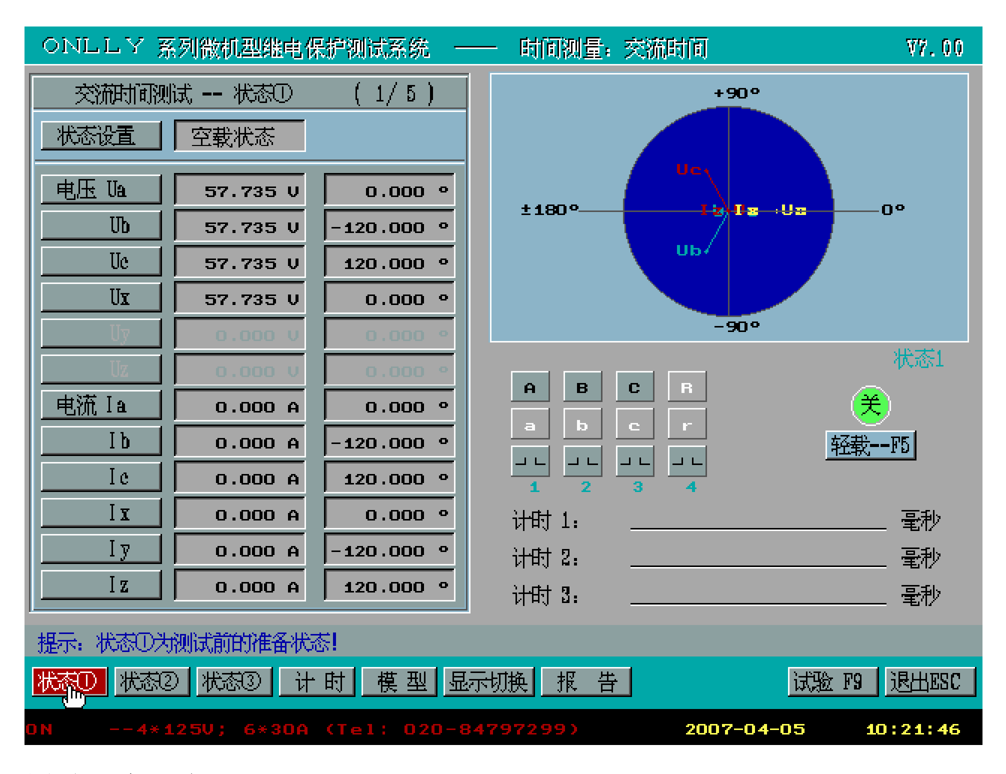
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **记录变量**：试验过程中动作或返回时需要记录的变量，可以任意选择。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

§ 2-2 时间测量

本菜单下包括四个测试菜单：交流时间、直流时间、任意方式、高频通道时间测量。

§ 2-2-1 交流时间

本菜单主要用于测试电压继电器、电流继电器、功率方向继电器等各类交流型继电器的动作时间，以及阻抗继电器的记忆时间等。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 5 页显示，包括状态①、状态②、状态③的参数设置，计时设置，计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据“显示切换”的选择，程序提供了 3 种辅助显示方式，包括矢量图、线序分量和功率显示；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态、试验结果等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **状态①、状态②、状态③、计时、模型**：此 5 项分别对应控制参数设置区的 5 页参数，光标移动到此 5 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时，按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

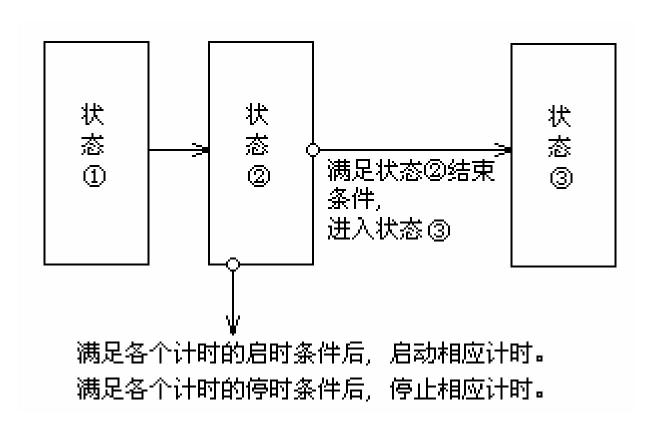
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示状态①、状态②、状态③下的电压、电流大小，程序提供了 2 种方式，包括矢量图和线序分量，并提供了功率显示。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-2-1-1 基本原理

试验过程分 3 个状态：状态①→状态②→状态③，一般地，状态①为试验的起始状态，状态②为测试状态，状态③为试验的结束状态。



§2-2-1-2 变量说明

1，2，3/5 状态①、状态②、状态③：

- **状态类型**：设置本状态的类型，程序提供了 12 种选择，包括任意状态、空载状态、A 相接地、B 相接地、C 相接地、AB 相间、BC 相间、CA 相间、AB 接地、BC 接地、CA 接地，以及三相短路。选择“任意状态”时，ABC 三相电压、电流可以由用户任意设置，而选择其他状态类型时，程序自动根据计算模型以及短路阻抗、短路电流（电压）的设置计算出相应的 3 相电压、电流大小和角度。
- **故障方向**：正向故障、反向故障，状态类型为故障状态时有效。
- **短路阻抗 Z1**：保护安装处到短路故障点处的线路阻抗（正序阻抗），以极坐标形式

表示：幅值，角度；

- **短路电流（短路电压）**：短路时，流经保护安装处的故障相电流 If（保护安装处的故障电压 Uf）。计算模型为“电流恒定”（“电压恒定”）时有效；
  - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
  - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。
- **电压** Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），**电流** Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）：本状态下的各路电压、电流的输出幅值和相位。

4/5 计时设置：

- **计时 1 启时方式，停时方式**：选择开始计时 1 启动和停止的触发条件。
- **计时 2 启时方式，停时方式**：选择开始计时 2 启动和停止的触发条件。
- **计时 3 启时方式，停时方式**：选择开始计时 3 启动和停止的触发条件。
- **开入量确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号，可以选择“进入状态②后断开”或“进入状态②后闭合”；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；
- **状态②结束方式**：选择状态②（即试验的测试状态）的结束方式，程序提供了 8 种结束方式，如“限制时间”、“计时 1 停时”、“计时 2 停时”等。一旦条件满足，则状态②结束，测试仪进入状态③（即试验的结束状态），整个交流时间的测试试验结束；
- **限制时间**：状态②结束方式选择“限制时间”，一旦到达限制时间的长度，程序自动停止计时，进入状态③；

5/5 计算模型：

- **计算模型**：一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。程序共提供了三种方式：“Zs 恒定”、“电压恒定”和“电流恒定”。
  - ✧ Zs 恒定：即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处 Zs 指系统电源到保护安装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；
  - ✧ 电压恒定：即短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf 恒定。此处
    - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
    - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。
  - ✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：整个交流时间测试试验过程（状态①②③）中测试仪的电压电流的输出频率。
- **电源阻抗** Zs：系统电源到保护安装处的线路等值阻抗 Zs（正序阻抗），计算模型为“Zs 恒定”时有效，以极坐标形式表示：幅值，角度；

- **补偿系数** Ks：电源阻抗 Zs 的零序补偿系数，模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_S = \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3 * Z_{S1}} = \mathrm{Re}(K_S) + j\,\mathrm{Im}(K_S) = \left|K_S\right| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Ks）=0，Ks 为一实数，通常$\left|K_S\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

- **补偿系数** Kl：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度；

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = \left|K_l\right| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常$\left|K_l\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

  - ✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

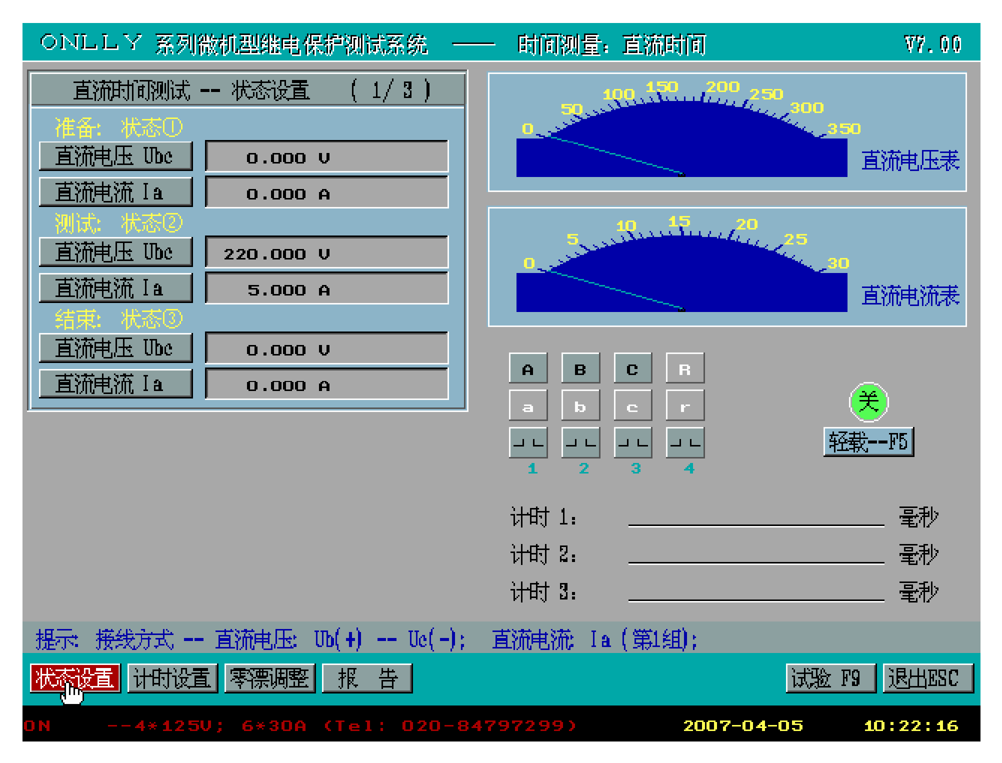
$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- Ux **设置**：第 4 路电压的输出方式，程序提供了 8 种不同的输出方式，包括：$+3\mathrm{U}_0$、$-3\mathrm{U}_0$、$+3U_0 * \sqrt{3}$、$-3U_0 * \sqrt{3}$、U_a、U_b、U_c和任意方式。当选择为“任意方式”时，电压 Ux 的大小、角度可由用户根据需要任意设定；

§2-2-2 直流时间

本菜单主要用于测试直流电压继电器、直流电流继电器、中间继电器以及时间继电器等各类直流型继电器的动作时间。

注：本试验中，直流电压的从 Ub、Uc 端孔输出，Ub（+），Uc（-）；直流电流由 Ia1，请注意接线方式！



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 3 页显示，包括状态设置，计时设置，零漂调整；
- 右上区：直流电压、电流表显示区，以表计方式显示试验过程中的直流电压、电流输出；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态、试验结果等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **状态设置、计时设置、零漂调整**：此 3 项分别对应控制参数设置区的 3 页参数，光标移动到此 3 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时，按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

  ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

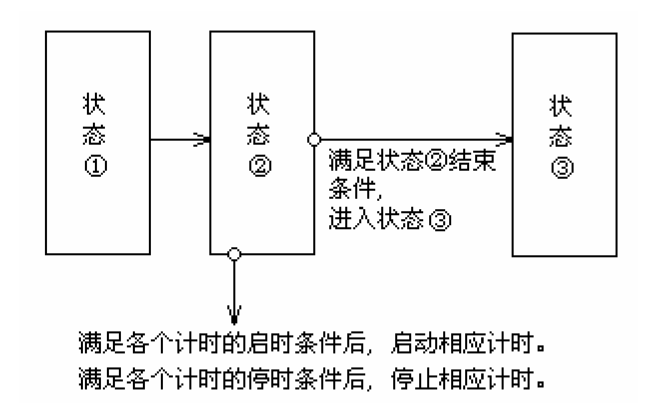
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-2-2-1 基本原理

试验过程分 3 个状态：状态①→状态②→状态③，一般地，状态①为试验的起始状态，状态②为测试状态，状态③为试验的结束状态。



§2-2-2-2 变量说明

1/3 状态设置：

设置起始、测试、结束 3 个状态下的直流电压、电流输出

- **状态①直流电压 Ubc、直流电流 Ia**：起始状态下的直流电压、电流；
- **状态②直流电压 Ubc、直流电流 Ia**：测试状态下的直流电压、电流；
- **状态③直流电压 Ubc、直流电流 Ia**：结束状态下的直流电压、电流；

2/3 计时设置：

- **计时 1 启时方式，停时方式**：选择开始计时 1 启动和停止的触发条件。
- **计时 2 启时方式，停时方式**：选择开始计时 2 启动和停止的触发条件。
- **计时 3 启时方式，停时方式**：选择开始计时 3 启动和停止的触发条件。
- **开入量确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。

- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号，可以选择“进入状态②后断开”或“进入状态②后闭合”；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；
- **状态②结束方式**：选择状态②（即试验的测试状态）的结束方式，程序提供了 8 种结束方式，如“限制时间”、“计时 1 停时”、“计时 2 停时”等。一旦条件满足，则状态②结束，测试仪进入状态③（即试验的结束状态），整个直流时间的测试试验结束。
- **限制时间**：状态②结束方式选择“限制时间”，一旦到达限制时间的长度，程序自动停止计时，进入状态③；

3/3 零漂调整：

一般不需设置此页参数，只有当直流电压、电流输出偏离设定值较大时方需要调整此参数

- **电压零漂**：直流电压设定为 0 时的实际输出测量值；
- **电流零漂**：直流电流设定为 0 时的实际输出测量值；

§2-2-3 任意方式

本菜单主要用于手动测试电压继电器、电流继电器等各类交、直流型继电器的动作时间等。

本菜单可以同时提供 4 路电压（或 6 路）、3 路(或 6 路)电流输出，而且各路电压电流的幅值、角度、频率以及交、直流输出方式可以任意调整。



主界面分为两个区域：

- 上半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括状态①、状态②、状态③的参数设置，计时设置；
- 下半区：显示开入/开出量状态。

  注："轻载—F5"按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **状态①、状态②、状态③、计时**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时，按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

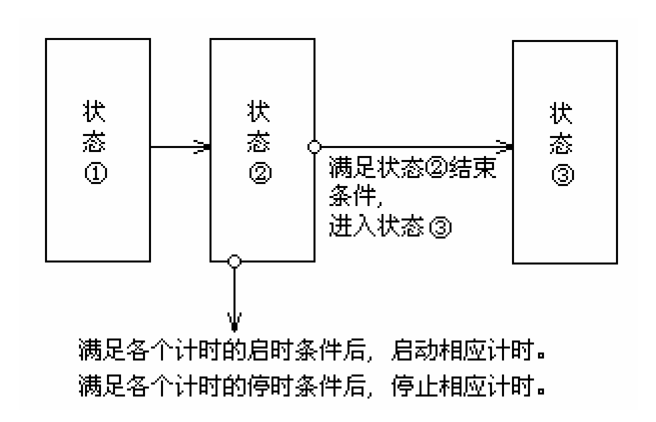
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-2-3-1 基本原理

试验过程分 3 个状态：状态①→状态②→状态③，一般地，状态①为试验的起始状态，状态②为测试状态，状态③为试验的结束状态。



§2-2-3-2 变量说明

1，2，3/4 状态①、状态②、状态③：

- **电压** Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），**电流** Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）：本状态下的各路电压、电流的输出幅值、相位和频率。
- **直流？**：设置测试仪的电压电流输出方式：交流或直流。

  打“√”者表示选中，输出为直流，否则默认输出为交流。

4/4 计时设置：

- **计时 1 启时方式，停时方式**：选择开始计时 1 启动和停止的触发条件；
- **计时 2 启时方式，停时方式**：选择开始计时 2 启动和停止的触发条件；
- **计时 3 启时方式，停时方式**：选择开始计时 3 启动和停止的触发条件；
- **开入量确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号，可以选择“进入状态②后断开”或“进入状态②后闭合”；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

- **“状态②”结束方式**：选择状态②（即试验的测试状态）的结束方式，程序提供了8种结束方式，如“限制时间”、“计时1停时”、“计时2停时”等。一旦条件满足，则状态②结束，测试仪进入状态③（即试验的结束状态），整个时间的测试试验结束。
- **限制时间**：状态②结束方式选择“限制时间”，一旦到达限制时间的长度，程序自动停止计时，进入状态③；

§2-3 频率/滑差试验

测试频率继电器、低周/低压减载装置等的动作值、动作时间，以及滑差闭锁特性。



主界面分为三个区域：

- 左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 3 页显示，包括电压电流、测试项目和开关量；
- 右区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电压电流、测试项目、开关量**：此 3 项分别对应控制参数设置区的 3 页参数，光标移动到此 3 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报

告可供软件包内的所有测试程序调用。

- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

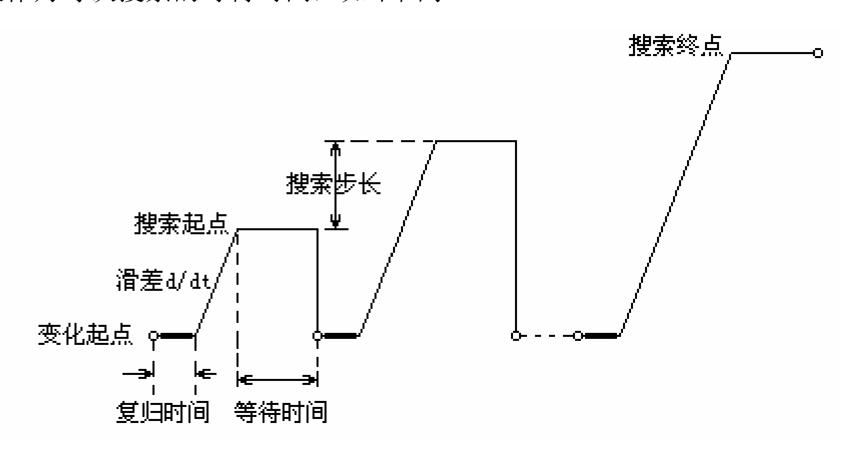
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-3-1 基本原理

- 动作值测试：

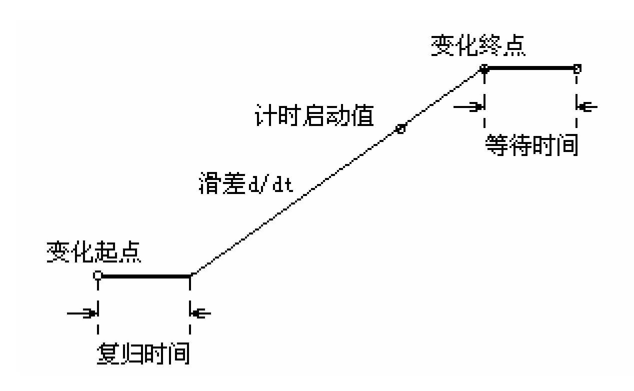
为了尽可能真实地模拟电力系统中频率（电压、电流）变化的情况，动作值测试采用滑差变化的方式，考虑到继电器（保护）的动作具有一定的延时性，设置了“等待时间”参数作为每次搜索的等待时间，如下图示：



其中，“等待时间”必须大于动作延时，从而保证动作值记录的正确性。另，由搜索起点和搜索终点所构成的搜索范围应能覆盖继电器（保护）的动作值，搜索步长的设置以满足误差要求为准。

- 动作时间/滑差闭锁测试：

所选择的变量从“变化起点”向“变化终点”滑动变化，滑行的速度由“滑差 d/dt”确定。



§2-3-2 变量说明

1/3 电压电流：

- **电压电流**：设置测试仪各路电压、电流的输出幅值、相位和频率。

2/3 测试项目：

- **测试项目**：根据试验内容选择测试项目，程序提供了 3 种测试项目，包括："动作值"、"动作时间"、"滑差闭锁"；
- **变量选择**：选择试验过程中需要变化的量，可选择："线电压幅值"、"相电压幅值"、"频率"或 "相电流幅值"；
- **变化起点**：所选择变量的变化起点；
- **复归时间**：考虑到保护可能需要一定时间的复归过程，所以在试验前首先输出由"变化起点"所确定的电压电流状态，以保证试验前保护可靠复归。
- **滑差 d/dt**：所选择变量的变化速度；

--测试项目选择"动作值"时，设置动作值试验的有关参数；

- ✧ **搜索起点、终点**：设置所选择变量的搜索起点和终点，二者所构成的搜索范围应能覆盖保护的动作值；
- ✧ **步长**：设置所选择变量的变化步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，动作值的测试精度越高；
- ✧ **等待时间**：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间。一般地，等待时间的设置应大于保护的动作时间；

--测试项目选择"动作时间"时，设置动作时间试验的相关参数；

- ✧ **变化终点**：所选择变量的变化终点；
- ✧ **等待时间**：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间。一般地，等待时间的设置应大于保护的动作时间；
- ✧ **计时启动值**：试验过程中，所选择变量按设定的滑差 d/dt 变化到"计时启动值"时，计时启动，开始进行时间测量，直到保护动作计时结束；

--测试项目选择"滑差闭锁"时，设置滑差闭锁试验的相关参数；

- ✧ **变化终点**：所选择变量的变化终点；
- ✧ **等待时间**：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间。一般地，等待时间的设置应大于保护的动作时间；
- ✧ **计时启动值**：试验过程中，所选择变量按设定的滑差 d/dt 变化到"计时启动值"时，计时启动，开始进行时间测量，直到保护动作计时结束；
- ✧ **整定值**：保护的滑差整定值；
- ✧ **测试倍数**：滑差的设置值与整定值之比。

3/3 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与

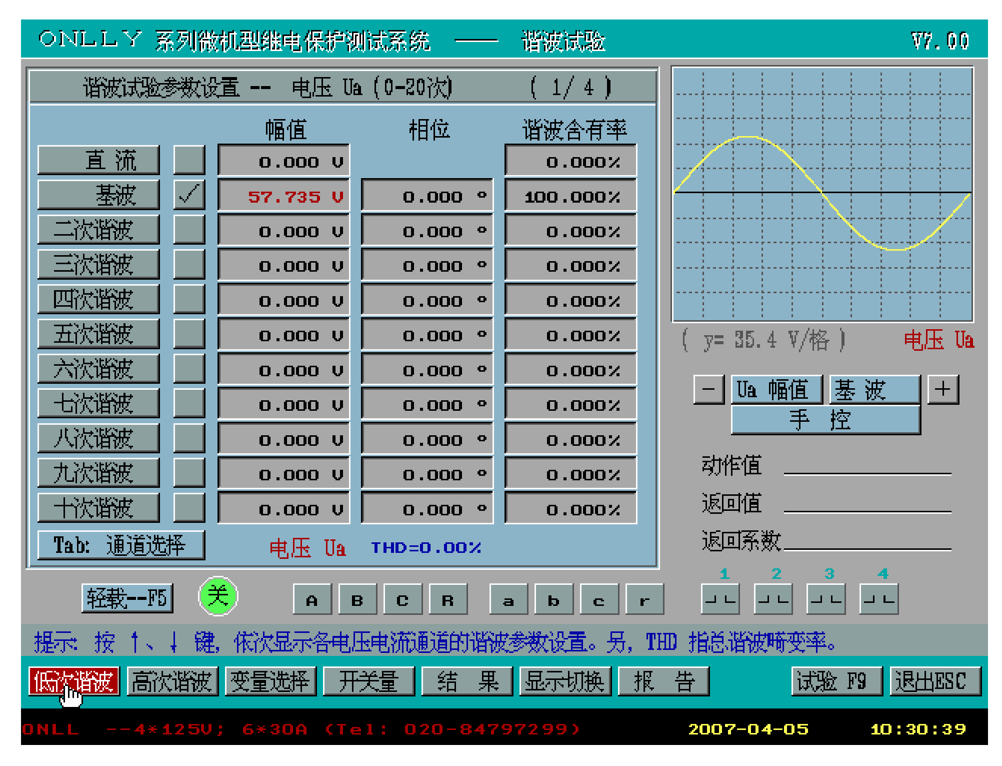
r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态:闭合，或断开。

§2-4 谐波叠加

测试谐波继电器的动作值、返回值，各相电压、电流可同时叠加直流、基波及 2～20 次谐波信号。



主界面分为四个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括低次谐波、高次谐波、变量选择和开关量；
- 右上区：电压、电流输出波形显示区；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前变量、试验控制方式、试验结果等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

- 中下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **低次谐波、高次谐波、变量选择和开关量**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

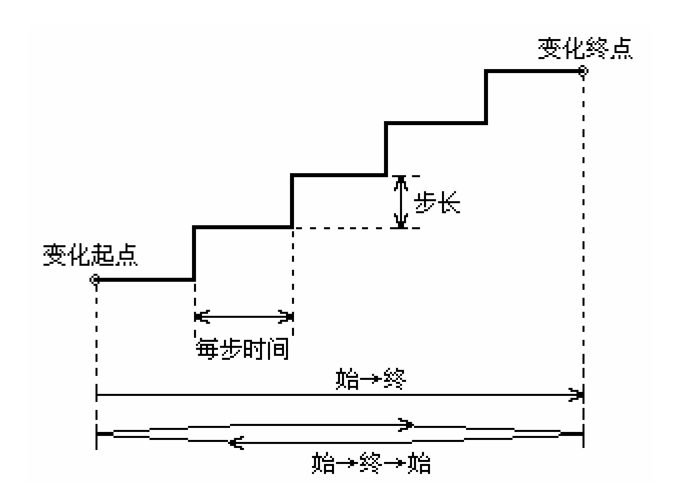
- **结果**：显示试验结果，包括动作值作时间、返回值、返回时间以及返回系数等。
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示电压、电流，程序提供了 2 种方式，包括波形图和柱状图。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-4-1 基本原理

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



§2-4-2 变量说明

1/4 低次谐波： 设置电压 Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），电流 Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）所包含的低次谐波（0-10 次）的幅值和角度，并显示相应的谐波含有率，打“ √ ”者表示含有该次谐波；

- **直流**：幅值（可“+”可“-”）；
- Tab：**通道选择**：按 Tab 快捷键进入电压电流通道选择区，或者可在控制参数设置区按↑↓键，将光标移到 Tab：**通道选择**，再按 Enter 键进入电压电流通道选择区，

  ✧ 按↑↓←→键，光标将在通道选择区内移动。

  ✧ 如果欲选择某个通道，按 Enter 键进行确认。

  ✧ 按 Esc 键则光标切换返回至 Tab：**通道选择**。

注：当光标移在低次谐波菜单行，此时按按↑↓键，可依次显示各电压电流通道的低次

谐波参数设置。另，THD 指总谐波畸变率。

2/4 高次谐波： 设置电压 Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），电流 Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）所包含的高次谐波（11-20 次）的幅值和角度，并能显示谐波含有率，打“√”者表示含有该次谐波；

- **Tab：通道选择：**按 Tab 快捷键进入电压电流通道选择区，或者可在控制参数设置区按↑↓键，将光标移到 **Tab：通道选择，**再按 Enter 键进入电压电流通道选择区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在通道选择区内移动。
  - ✧ 如果欲选择某个通道，按 Enter 键进行确认。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回至 Tab：**通道选择**。

注：当光标移在高次谐波菜单行，此时按按↑↓键，可依次显示各电压电流通道的高次谐波参数设置。另，THD 指总谐波畸变率。

3/4 变量选择：

- **变量选择**：选择试验过程的变量，如：Ua 中二次谐波的幅值，或 Ia 中基波的幅值等等；
- **变化步长**：变量的变化步长应根据测试的要求选择合适的大小，一般地，步长越小，测试精度越高。
- **记录变量**：试验过程中动作或返回时需要记录的变量，默认和变量选择中变量相同，也可以另行选择。
- **程控/手控**：选择试验过程的控制方式，
  - ✧ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的干预仅限于通过 Esc 键中止试验。
  - ✧ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 “+”、“-”键增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，用户也可以按 F8（Aux2）记录动作值，按 F10（Aux3）记录返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后用户可按 Esc 键中止试验。

（以下参数仅对程控试验有效）

- **变化范围**：第一变量变化的起点，终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值。
- **变化方式**：第一变量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，
  - ✧ “始→终”为单程变化，只能测动作值；
  - ✧ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值；
- **每步时间**：第一变量按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **返回方式**：当前变量的返回方式，

- ✧ “动作返回”时，当前变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则根据变化方式确定是否继续试验：变化方式为“始→终”，结束试验；变化方式为“始→终→始”，改变当前变量的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，当前变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

4/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态：闭合，或断开。
- **Ux 设置**：第 4 路电压的输出方式，程序提供了 8 种不同的输出方式，包括：$+3U_0$、$-3U_0$、$+3U_0*\sqrt{3}$、$-3U_0*\sqrt{3}$、U_a、U_b、U_c 和任意方式。当选择为“任意方式”时，电压 Ux 的大小、角度可由用户根据需要任意设定；
- **基波频率**：设置测试仪的电压电流输出的基波频率。

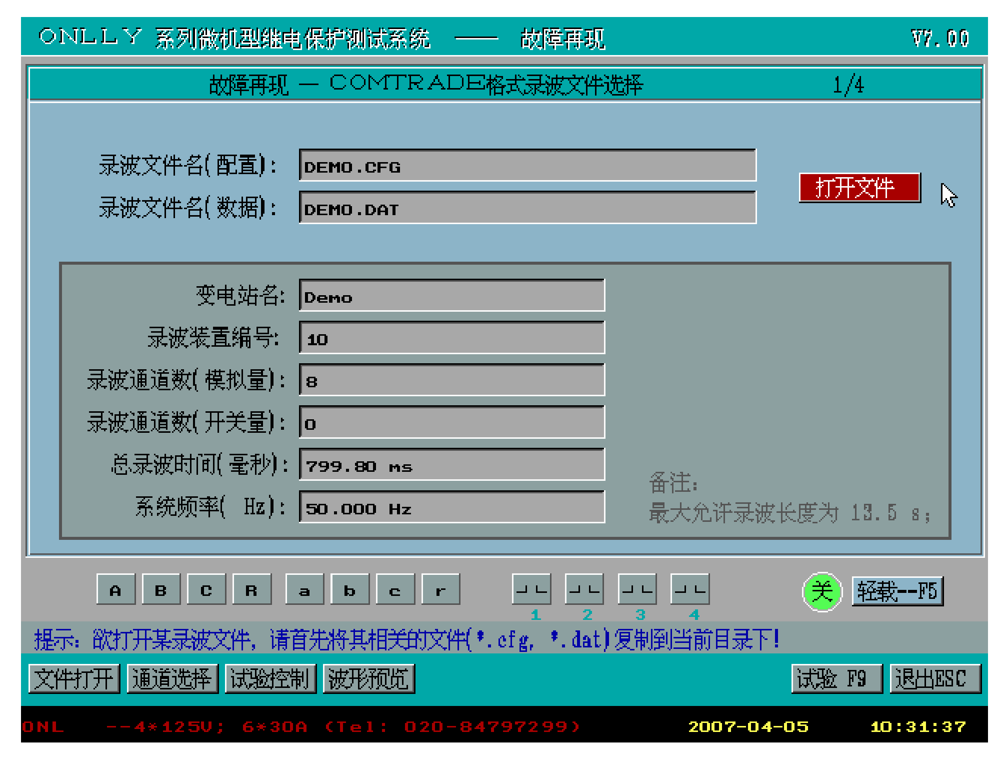
§2-5 故障再现

支持 COMTRADE 标准格式的录波文件，根据录波文件中的数据记录，通过测试仪重现故障发生时的各相电压电流，主要用于考察、分析保护相应的动作行为。

回放 COMTRADE 格式的录波文件需要提供其 2 个文件：

✧ 配置文件（*.CFG）：故障录波的基本信息配置。该文件为读取数据文件提供了必要的信息说明。

✧ 数据文件（*.DAT）：储存故障录波的数据记录。



主界面分为两个区域：

- 上半区：参数设置区，用于设置故障再现试验所需要的各项参数，分 4 页显示，包括文件打开、通道选择、试验控制和波形预览；
- 下半区：辅助显示区，显示开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **文件打开、通道选择、试验控制、波形预览**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

  ✧ 按↑↓←→键，光标将在参数设置区内移动。

  ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，

按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-5-1 基本原理

✧ 利用外接计算机配套 Windows 版测试仪软件中的“故障再现”菜单，将需要回放的录波文件下传到测试仪中；

✧ 在测试仪侧，打开待回放的录波文件，设置各相关参数；

✧ 按“Start”键开始试验，测试仪输出故障前状态；

✧ 正式启动波形回放，测试仪根据录波数据文件逐点输出所选择的电压、电流波形，实现故障再现。

§2-5-2 变量说明

1/4 文件打开：

- **打开文件**：执行“打开文件”，打开待回放的录波文件，导入录波数据。如果文打开成功，则显示配置文件中的基本信息，如变电站名、录波装置编号等。

2/4 通道选择：

- **电压**：选择需要从测试仪的 4 路（6 路）电压中进行波形回放的录波通道。
- **电流**：选择需要从测试仪的 3 路（6 路）电流中进行波形回放的录波通道。
- **缩放比例**：如果录波数据文件中记录的电压电流值为一次回路数据，则需要根据 PT、CT 变比，设置缩放比例，程序自动计算出各通道的二次回路数据并将其通过测试仪输出。

注：由于测试仪的量程所限，如果通道的二次回路数据超出了测试仪的输出范围，则也需要通过设置缩放比例调整通道的实际输出大小。

3/4 试验控制：

本次回放：截取原始录波波形区间

- **回放起点**：本次回放的录波波形的起点；
- **终点**：本次回放的录波波形的终点，一般地，终点值大于起点值；
- **故障前状态**：程序提供了 2 种状态，

✧ 自动模拟（区间第 1 周波）：回放试验前，一直重复回放区间的第 1 周波（打“√”表示选中）；

✧ 输出 0 状态：回放试验前，一直输出 0 状态（程序的默认状态）；

- **重复区间 1**：回放试验中，重复回放该区间的录波波形；
- **区间起点**：本次重复回放的区间 1 的录波波形的起点；
- **长度**：本次重复回放的区间 1 的录波波形的长度，即区间终点=区间起点+长度；
- **总输出次数**：本次重复回放区间 1 的次数；
- **重复区间 2**：回放试验中，重复回放该区间的录波波形；
- **区间起点**：本次重复回放的区间 2 的录波波形的起点；
- **长度**：本次重复回放的区间 2 的录波波形的长度，即区间终点=区间起点+长度；
- **总输出次数**：本次重复回放区间 2 的次数；

本次回放：试验触发方式

- **触发方式**：设置波形回放的触发方式，程序提供了三种方式，包括：按键触发、GPS 触发、开入 r 翻转触发；

（以下参数仅对“GPS 触发”方式有效）

- **GPS 选择**：选择 GPS 的安装方式，包括“外接 GPS（COM）”或“内置 GPS”。当选择外接 GPS 时，外接的 GPS 应和测试仪的串口 COM1 相连接；
- **波特率**：测试仪侧串口通讯时的波特率，可选择“9600”、“4800”、“2400”、“1200”、“600”、“300”、“150”、“110”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的波特率一致；
- **校验方式**：测试仪侧串口通讯时的校验方式，可选择“无校验”、“奇校验”、“偶校验”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的校验方式一致；
- **停止位**：测试仪侧串口通讯时的停止位，可选择“1”、“2”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的停止位一致；
- **数据位**：测试仪侧串口通讯时的数据位，可选择“8”、“7”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的数据位一致；
- **GPS 对时**：对时按钮，启动测试仪接收 GPS 时间，并强行将测试仪的当前时间修正为 GPS 时间；

注：当 GPS 对时成功后，双方联系在同一分钟之内（10～50 秒之间的任意一刻）启动试验。 启动试验后，测试仪在检测到第 1 个 PPM 时刻触发波形回放。

（以下参数在三种触发方式下均有效）

- **开出量控制**：一旦子试验项目进入故障状态，测试仪可以根据设置经一定的延时后，通过开出量发出一个信号，可以选择“进入状态②后断开”或“进入状态②后闭合”；
- **延时**：开出量经延时后发出信号，配合“开出量控制”使用；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

4/4 波形预览： 根据“通道选择”和“试验控制”页中的参数设置，显示测试仪各路电压、电流的实际输出波形。

- **光标 1、光标 2**：执行相应的光标操作。
  - ✧ 点击该按钮，相应的光标获得焦点，根据提示移动光标；

✧ 再次点击该按钮，相应的光标失去焦点，光标操作结束。

- **区间刷新**：点击该按钮，将光标 1 和光标 2 所对应时间段之间的波形放大显示；
- **全程显示**：点击该按钮，显示全部时间段的波形；
- **纵向放大**：点击该按钮，纵向放大全部时间段的波形；
- **纵向缩小**：点击该按钮，纵向缩小全部时间段的波形；
- **光标 1(ms)、光标 2(ms)**：快速执行相应的光标操作。输入需要的时间点，按"Enter"键，则光标将移动到指定的时间点。

§2-6 状态序列

用户自由定制的试验方式，程序提供了 50 种测试状态，所有状态均可以由用户自由设置，状态之间的切换由时间控制、按键控制、GPS 控制或开入接点控制。各状态下 4 对开出量的开合能自由控制，可用于模拟保护出口接点的动作情况，尤其方便于故障录波器的独立调试。



主界面分为三个区域：

- 左半区： 控制参数设置区，用于设置试验时的各状态参数；
- 右半区：试验控制的辅助设置区，包括：短路计算（Tab)、新增状态(+)和删除状态（-)，按“Tab”键可进行故障设置，按“+” 键可在当前状态后增加新状态，按“ - ” 键可删除当前状态；
- 中下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按← →移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **状态序列**：此项对应控制参数设置区的参数，光标移动到该项上时，此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，按 PgDn、PgUp 键翻页，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的“状态序列”项。

- **波形预览**：通过图形方式，查看当前预设的各种状态下的状态参数和开出接点变化情况。
- **结果**：通过图形方式，显示整个状态过程中的状态参数以及开入和开出接点的变化情况。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

  程序提供了 2 种查看报告的方式：文本方式和图形方式。其中文本方式用于查看试验结果的文字说明，图形方式用于更加直观地查看整个试验过程中的状态参数以及开入和开出接点的动作变化情况；
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

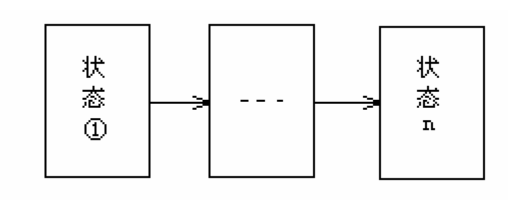
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-6-1 基本原理

试验过程分 n 个状态：状态①→ … →状态 n。其中，1≤n≤50，具体状态个数由用户设定。

根据“结束方式”的选择，来进行各状态之间的切换。



§2-6-2 变量说明

状态序列：

- **电压** Ua，Ub，Uc，Ux（Ua，Ub，Uc，Ux，Uy，Uz），**电流** Ia，Ib，Ic（Ia，Ib，Ic，Ix，Iy，Iz）：设置测试仪各状态中的各路电压、电流的输出幅值、相位和频率，程序提供了两种设置方式：

  ✧ 按 Tab 键进行短路计算，程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，按照电力系统理论计算出 A、B、C 三相的电压、电流；

  ✧ 用户根据需要，任意设定 4 路（6 路）电压、6 路（3 路）电流的大小、角度；
- **是否直流？**：设置测试仪的电压电流输出方式：交流或直流。

  打“ √ ”者表示选中，输出为直流，否则默认输出为交流。
- **开出设置**：进入本状态后，测试仪开出量 1～开出量 4 的状态：断开，或，闭合；

以及翻转为此状态的时刻；

注：本延时的参照点以进入本状态为准，即进入本状态后，经过所设定的延时后，开出量变换为设定的开关状态。所以“延时”应小于本状态的“持续时间”。

- **结束方式**：试验开始后，从当前测试状态进入下一个测试状态的控制方式，程序提供了 4 种方式，包括：按键控制、时间控制、GPS 控制、开入接点控制。
  - ✧ 按键控制：当前测试状态的输出时间不限，等待用户根据提示，按键后进入下一状态；
  - ✧ 时间控制：当前测试状态的输出时间到达设定的“最大持续时间”后，自动进入下一状态；
  - ✧ GPS 控制：当 GPS 对时成功，双方经联系，在同一分钟之内（10～50 秒之间的任意一刻）按确认键后，检测到第一个 PPM 时刻进入下一状态；
  - ✧ 开入接点控制：当设定的开入接点发生翻转后，自动进入下一状态；

（以下参数仅在短路计算时有效）

- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **故障类型**：程序提供了 11 种故障类型，包括：空载状态，A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地以及三相短路。
- **故障方向**：正向故障，或反向故障；
- **短路电流**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If，
- **短路阻抗**：短路故障时，保护安装处距离短路点之间的短路阻抗，极坐标形式：幅值，角度；
- **补偿系数 K1**：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度；

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = \left|K_l\right| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（K1）=0，K1 为一实数，通常 $\left|K_l\right|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

  - ✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

（以下参数仅在“GPS 控制”时有效）

- **GPS 选择**：选择 GPS 的安装方式，包括“外接 GPS（COM）”或“内置 GPS”。当选择外接 GPS 时，外接的 GPS 应和测试仪的串口 COM1 相连接；
- **波特率**：测试仪侧串口通讯时的波特率，可选择“9600”、“4800”、“2400”、“1200”、“600”、“300”、“150”、“110”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的波特率一致；

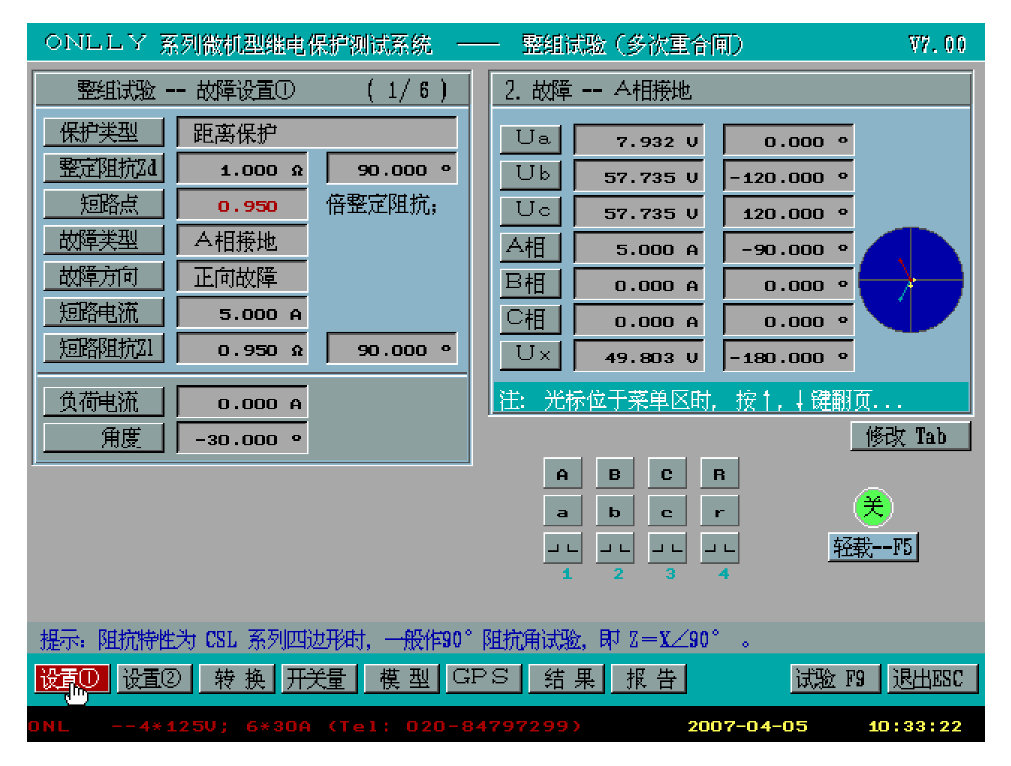
- **校验方式**：测试仪侧串口通讯时的校验方式，可选择“无校验”、“奇校验”、“偶校验”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的校验方式一致；
- **停止位**：测试仪侧串口通讯时的停止位，可选择“1”、“2”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的停止位一致；
- **数据位**：测试仪侧串口通讯时的数据位，可选择“8”、“7”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的数据位一致；
- **GPS 对时**：对时按钮，启动测试仪接收 GPS 时间，并强行将测试仪的当前时间修正为 GPS 时间。

（以下参数仅在“开入接点控制”时有效）

- **开入 A、B、C、R 翻转**：打“√”者表示选中；
- **逻辑关系**：设置选中的开入接点之间的逻辑关系：“或”或“与”；

§2-7 整组试验

本菜单主要用于测试线路保护的整组试验，可模拟瞬时性、永久性、转换性故障，以及多次重合闸等。双端线路保护的 GPS 对调，如高频保护、光纤纵差保护等。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 6 页显示，包括故障设置①、故障设置②、故障转换设置、开关量、计算模型和 GPS 通讯设置；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的选择，结合计算模型，程序自动计算整组试验过程中各个状态下的电压、电流值（包括负荷状态→故障状态→[故障转换后状态]）；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **设置①、设置②、转换、开关量、模型、GPS**：此 6 项分别对应控制参数设置区的 6 页参数，光标移动到此 6 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：显示本次试验结果。

  本程序提供了 2 种查看试验结果的方式：文本方式和图形方式。其中文本方式用于查看试验结果的文字说明，图形方式（按 F8 键）用于更加直观地查看整个试验过程中的波形输出以及开入接点的动作变化情况。

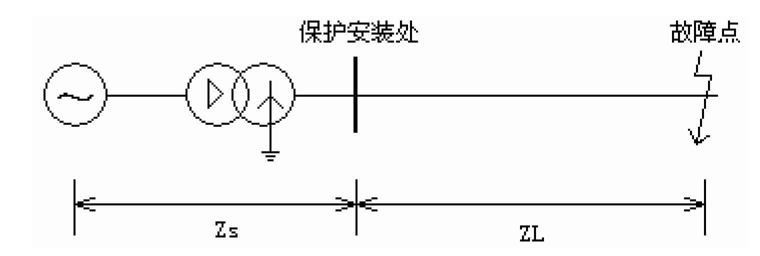
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

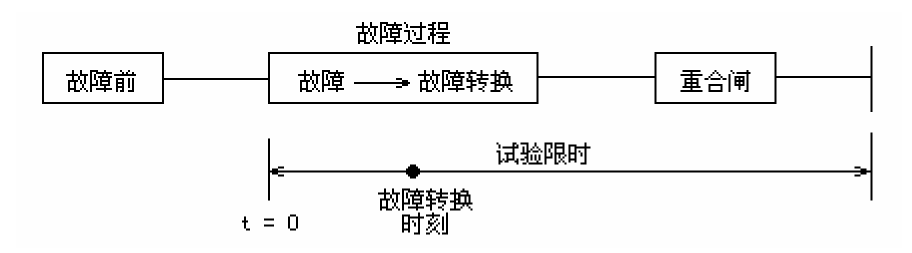
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-7-1 基本原理

单电源网络计算模型：



试验过程：



§2-7-2 变量说明

1/6 设置①：

- **保护类型**：程序提供了 3 种保护类型，包括：距离保护、零序保护、过流保护。用户根据需要任意设定；
- **整定值**：根据不同的保护类型，整定值的表达形式不同，

  ✧ **整定阻抗 Zd**：距离保护的各段整定值，极坐标形式：幅值，角度（此参数仅对距离保护有效）；

  ✧ **整定电流 Id**：零序保护、过流保护的各段整定值（此参数对零序保护和过流保护均有效）；

- **短路点**：故障时的短路点位置或故障时的短路点电流，根据继电保护的调试规程，

一般取 0.95 或 1.05 倍，以检查保护动作的灵敏性；

- ✧ 故障时的短路点位置：即保护安装处到短路点之间的线路阻抗相对于整定阻抗的百分比（小数形式）（此参数仅对距离保护有效）；
- ✧ 故障时的短路点电流，即短路点的电流相对于整定电流的百分比（小数形式）（此参数对零序保护和过流保护均有效）；

- **故障类型**：程序提供了 11 种故障类型，包括：A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地、三相短路，以及任意状态。一般地，对于前 10 种故障类型，程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，按照电力系统理论计算出 A、B、C 三相的电压、电流，如果需要特殊的故障电压电流，可选择“任意状态”的故障，此时，A、B、C 三相电压、电流的大小、角度可由用户根据需要任意设定；
- **故障方向**：正向故障，或反向故障；
- **短路电流**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If（计算模型为“电流恒定”时有效），
  - ✧ 当保护类型为距离保护时，短路电流可由用户根据需要任意设定；
  - ✧ 当保护类型为零序保护或过流保护时，短路电流是根据整定电流 Id 和短路点，程序自动计算出来的。
- **短路电压**：短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf，
  - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
  - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。

注：当保护类型为“距离保护”，计算模型为“电压恒定”时，短路电流自动转变为短路电压。

- **短路阻抗 ZL**：根据整定阻抗 Zd 和短路点，程序自动计算出故障时，保护安装处距离短路点之间的短路阻抗，极坐标形式：幅值，角度；
- **负荷电流**：与故障后的短路电流相比，负荷电流幅值很小，一般可以忽略不计，即空载，取 0；
- **角度**：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移。

2/6 设置②：

- **故障触发**：设置故障触发方式，包括按键触发、GPS 触发、开入 r 翻转触发。
- **永久故障？**：设置故障方式：永久性故障，或瞬时性故障。如果选择瞬时性故障，则跳闸后故障自动消失，如果需要对保护的后加速功能进行试验，一般应选择永久性故障；
- **PT 安装位置**：选择保护 PT 的安装位置：母线侧，或，线路侧。PT 位于母线侧，则跳闸后故障相电压恢复为正常电压值（即额定电压），PT 位于线路侧，则跳闸后故障相电压变为零状态。一般地，220KV 以下的保护，PT 位于母线侧；
- **CT 电流正向**：选择保护 CT 电流的正方向：电流指向线路（元件）为正，或，电流

指向母线为正；

- **合闸角**：即短路故障发生瞬间电源电压的角度，合闸角的大小决定了直流电流分量初始值的大小。根据故障类型的不同，此处合闸角的定义如下表所示：

故障类型	合闸角
A 相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
B 相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
C 相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
AB 相间	$\varphi(\dot{U}_A - \dot{U}_B)$
BC 相间	$\varphi(\dot{U}_B - \dot{U}_C)$
CA 相间	$\varphi(\dot{U}_C - \dot{U}_A)$
AB 接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
BC 接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
CA 接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
三相短路	$\varphi(\dot{U}_A)$
任意类型	$\varphi(\dot{U}_A)$

- **直流分量？**：选择故障开始瞬间，故障电流中是否包含有一衰减的非周期直流分量，该直流分量的大小为

$$I_{dc}(t) = [I_{pm0} \cdot \sin(\alpha - \varphi_0) - I_{Pm} \cdot \sin(\alpha - \varphi)] \cdot e^{-t/\tau}$$

式中：

I_{pm0} 为故障前的电流最大值，

I_{pm} 为故障后的稳态短路电流最大值，

φ_0 为故障前的回路阻抗角，

φ 为故障后的回路阻抗 Z 的阻抗角， $Z = Z_S + Z_d$，

α 为故障瞬间电源电压的角度，

τ 为故障后回路的衰减时间常数（该参数由用户根据实际情况输入）

注：1）由于短路故障计算建模时，一般假设线路阻抗角等于系统阻抗角度，此时，

直流电压分量 $V_{dc}(t)=0$。

2）一般情况下，继电保护只关心故障后的稳态电流、电压分量，通常此处取“不含直流（非周期）分量”；

- **衰减时间τ**：故障后回路的衰减时间常数；
- **试验限时**：故障开始到试验结束之间的时间限制，一般地，应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸→重合→再跳闸”的过程；
- **跳闸延时**：模拟断路器的跳闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的跳闸信号，经过“跳闸延时”后，方进入跳闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪开入量直接连接断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；
- **合闸延时**：模拟断路器的合闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的合闸信号，经过“合闸延时”后，方进入合闸后的电压电流状态。（注：理论上，如果测试仪开入量直接连接断路器的“合位”接点，则合闸延时可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议取 0.02 秒，以保证三相可靠闭合）；

3/6 转换：

- **故障转换？**：设置重合闸前是否发生故障转换；

（以下参数仅对转换性故障有效）

- **转换时刻**：故障转换发生的时刻，程序提供了两种不同的时间设置方式，
  - ✧ 故障开始后：即故障后发生故障转换，“转换时刻”以进入故障的时刻为时间坐标起点 t=0；
  - ✧ 重合闸后：即重合后发生故障转换，“转换时刻”以进入重合闸状态为时间坐标起点 t=0；
- **故障类型**：故障转换后的故障类型，可选择：任意状态，A、B、C 相接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 接地，三相短路等；
- **故障方向**：故障转换后的故障方向：正向故障，或，反向故障；
- **短路电流**：故障转换后，流经保护安装处的故障相电流 If（计算模型为“电流恒定”时有效）；
- **短路电压**：故障转换后，保护安装处的故障电压 Uf，
  - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
  - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。

注：当保护类型为“距离保护”，计算模型为“电压恒定”时，短路电流自动转变为短路电压。

- **短路阻抗 ZL**：故障转换后，保护安装处距离短路点之间的短路阻抗，极坐标形式：幅值，角度；

4/6 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

- **开入接点 A**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 A 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 B**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 B 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 C**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 C 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 R**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“重合接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 a**：需要记录其动作时间的辅助接点 1；
- **开入接点 b**：需要记录其动作时间的辅助接点 2；
- **开入接点 c**：需要记录其动作时间的辅助接点 3；
- **开入接点 r**：用于试验过程中故障的触发，当开入接点 r 翻转则触发故障；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号，可以选择“进入状态②后断开”或“进入状态②后闭合”；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

5/6 模型：

- **计算模型**：一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。程序共提供了三种方式：“Zs 恒定”、“电压恒定”和“电流恒定”。
  - ✧ Zs 恒定：即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处 Zs 指系统电源到保护安装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；
  - ✧ 电压恒定：即短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf 恒定。此处
    - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
    - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。
  - ✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；
  - ✧ 当保护类型为零序保护或过流保护时，计算模型固定为“电流恒定”；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **电源阻抗 Zs**：系统电源到保护安装处的线路等值阻抗 Zs（正序阻抗），计算模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度；
- **补偿系数 Ks**：电源阻抗 Zs 的零序补偿系数，模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_S = \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3 * Z_{S1}} = \mathrm{Re}(K_S) + j\,\mathrm{Im}(K_S) = |K_S| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Ks）=0，Ks 为一实数，通常$|K_S|$取 0.667，角度φ为 0°。

- **补偿系数** K1：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = |K_l| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常$|K_l|$取 0.667，角度φ为 0°。

  - ✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- **Ux 设置**：第 4 路电压 Ux 的输出方式,程序提供了 10 种不同的输出方式，包括：$+3U0$、$-3U0$、$+3U0*\sqrt{3}$、$-3U0*\sqrt{3}$、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

  注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：故障前以及故障跳闸前，Ux 均输出 A 相电压 Ua，一旦跳闸，则 Ux 输出同期电压，重合闸后，Ux 恢复为 A 相电压 Ua。
- **抽取电压**：当第 4 路电压选择为检同期方式时有效。“ 抽取电压”模拟断路器跳闸后到重合闸之前这一段时间内的线路侧电压，可以用来测试保护重合闸的“检同期”、“检无压”功能；
- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

6/6 GPS 设置：设置测试仪侧与 GPS 接收机连接的 RS232 串口通讯格式。

- **GPS 选择**：选择 GPS 的安装方式，包括“外接 GPS（COM）”或“内置 GPS”。当选择外接 GPS 时，外接的 GPS 应和测试仪的串口 COM1 相连接；
- **波特率**：测试仪侧串口通讯时的波特率，可选择“9600”、“4800”、“2400”、“1200”、“600”、“300”、“150”、“110”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的波特率一致；
- **校验方式**：测试仪侧串口通讯时的校验方式，可选择“无校验”、“奇校验”、“偶校验”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的校验方式一致；

- **停止位**：测试仪侧串口通讯时的停止位，可选择“1”、“2”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的停止位一致；
- **数据位**：测试仪侧串口通讯时的数据位，可选择“8”、“7”，应设置与 GPS 接收机串行通讯格式的数据位一致；
- **GPS 对时**：对时按钮，启动测试仪接收 GPS 时间，并强行将测试仪的当前时间修正为 GPS 时间。

注：当 GPS 对时成功后，双方联系在同一分钟之内（10～50 秒之间的任意一刻）启动试验。 启动试验后，测试仪在检测到第 1 个 PPM 时刻输出负荷电流，第 2 个 PPM 时刻同时触发故障。

§2-8 线路保护定值校验

本菜单下包括五个测试菜单：距离保护定值校验 、零序保护定值校验、过流保护定值校验、负序电流保护定值校验、工频变化量阻抗继电器定值校验。

§2-8-1 距离保护定值校验

距离保护定值校验，定性分析距离保护各段动作的灵敏性和可靠性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 7 页显示，包括：
  - ✧ 定值 1 ：相间阻抗定值设置；
  - ✧ 定值 2 ：接地阻抗定值设置；
  - ✧ 项目： Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ各段阻抗测试倍数选择；
  - ✧ 故障： 测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置： 测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量： 保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型：各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

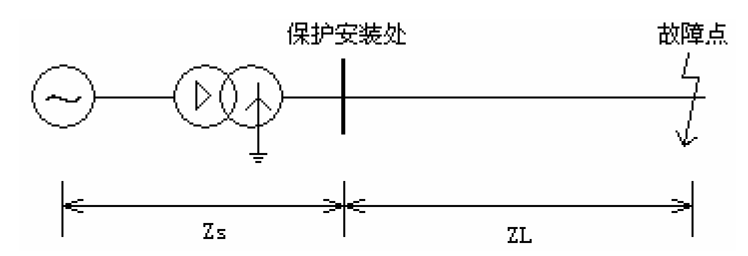
注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

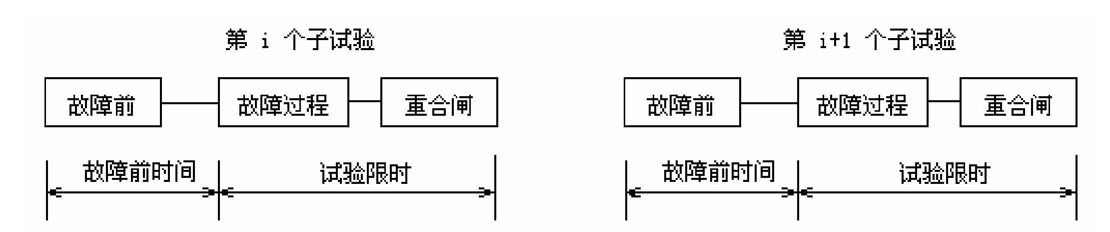
- **定值 1、定值 2、项目、故障、设置、开关量、模型**：此 7 项分别对应控制参数设置区的 7 页参数，光标移动到此 7 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-8-1-1 基本原理

单电源网络计算模型：



本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动）。

§2-8-1-2 变量说明

1/7 定值 1： 相间距离，阻抗定值设置

- **I 段阻抗 Z1**：相间距离 I 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；

- **II 段阻抗 Z2**：相间距离 II 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **III 段阻抗 Z3**：相间距离 III 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **IV 段阻抗 Z4**：相间距离 IV 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **I 段时间 T1**：相间距离 I 段的动作时间定值；
- **II 段时间 T2**：相间距离 II 段的动作时间定值；
- **III 段时间 T3**：相间距离 III 段的动作时间定值；
- **IV 段时间 T4**：相间距离 IV 段的动作时间定值；

注：必须保证 T4 > T3 > T2 > T1 ；

- **I 段电流**：针对 I 段短路阻抗的大小，设置试验时 I 段的故障电流，一般可取 5.0A；（注：如果阻抗定值比较小，如 0.1 欧左右，则为了减小保护测量电流电压的相对误差，应相应地增大短路电流；反之，应减小短路电流，以免短路电压过高。）
- **II 段电流**：针对 II 段短路阻抗的大小，设置试验时 II 段的故障电流，设置方法同上；
- **III 段电流**：针对 III 段短路阻抗的大小，设置试验时 III 段的故障电流，设置方法同上；
- **IV 段电流**：针对 IV 段短路阻抗的大小，设置试验时 IV 段的故障电流，设置方法同上；

注：计算模型为“电压恒定”时，以上四个参数自动转变为相应的 I、II、III、IV 段短路电压。

2/7 定值 2： 接地距离，阻抗定值设置

- **I 段阻抗 Z1**：接地距离 I 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **II 段阻抗 Z2**：接地距离 II 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **III 段阻抗 Z3**：相间距离 III 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **IV 段阻抗 Z4**：接地距离 IV 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **I 段时间 T1**：接地距离 I 段的动作时间定值；
- **II 段时间 T2**：接地距离 II 段的动作时间定值；
- **III 段时间 T3**：接地距离 III 段的动作时间定值；
- **IV 段时间 T4**：接地距离 IV 段的动作时间定值；

注：必须保证 T4 > T3 > T2 > T1 ；

- **I 段电流**：针对 I 段短路阻抗的大小，设置试验时 I 段的故障电流，一般可取 5.0A；（注：如果阻抗定值比较小，如 0.1 欧左右，则为了减小保护测量电流电压的相对误差，应相应地增大短路电流；反之，应减小短路电流，以免短路电压过高。）
- **II 段电流**：针对 II 段短路阻抗的大小，设置试验时 II 段的故障电流，设置方法同上；
- **III 段电流**：针对 III 段短路阻抗的大小，设置试验时 III 段的故障电流，设置方

法同上；

- **IV 段电流**：针对 IV 段短路阻抗的大小，设置试验时 IV 段的故障电流，设置方法同上；

注：计算模型为“电压恒定”时，以上四个参数自动转变为相应的 I、II、III、IV 段短路电压。

3/7 项目：

根据需要选择各段阻抗定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试；

- **I 段阻抗** Z1：选择 I 段阻抗的各测试项目；
- **II 段阻抗** Z2：选择 II 段阻抗的各测试项目；
- **III 段阻抗** Z3：选择 III 段阻抗的各测试项目；
- **IV 段阻抗** Z4：选择 IV 段阻抗的各测试项目；

4/7 故障选择：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- **A 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **B 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **C 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **AB 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **BC 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **CA 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **三相短路**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

5/7 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

- **故障触发**：选择各故障触发的方式，包括自启动和按键启动两种方式；
  - ✧ 自启动：本次子试验结束后，程序自动进入下一个子试验项目；
  - ✧ 按键启动：本次子试验结束后，程序自动提醒，等待用户按键，控制是否进入下一个子试验项目；

  注：每一个子试验项目的结束由“试验限时”参数决定。
- **故障前时间**：故障为“自启动”方式下有效。

  每次子试验项目测试前，测试仪均输出一段时间的故障前状态（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，且重合闸准备完毕。故，该时间的设置一般大于保护的复归时间（含重合闸充电时间），通常取 20～25 秒左右。
- **永久故障？**：设置所有待测试故障的性质：永久性故障，或，瞬时性故障；
- **PT 安装位置**：选择保护 PT 的安装位置：母线侧，或，线路侧。PT 位于母线侧，则跳闸后故障相电压恢复为正常电压值（即额定电压），PT 位于线路侧，则跳闸后故

障相电压变为零状态。一般地，220KV 以下的保护，PT 位于母线侧；

- **CT 电流正向**：选择保护 CT 电流的正方向：电流指向线路（元件）为正，或，电流指向母线为正；
- **合闸角**：即短路故障发生瞬间电源电压的角度，合闸角的大小决定了直流电流分量初始值的大小。根据故障类型的不同，此处合闸角的定义如下表所示：

故障类型	合闸角
A 相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
B 相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
C 相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
AB 相间	$\varphi(\dot{U}_A - \dot{U}_B)$
BC 相间	$\varphi(\dot{U}_B - \dot{U}_C)$
CA 相间	$\varphi(\dot{U}_C - \dot{U}_A)$
AB 接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
BC 接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
CA 接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
三相短路	$\varphi(\dot{U}_A)$
任意类型	$\varphi(\dot{U}_A)$

- **直流分量？**：选择故障开始瞬间，故障电流中是否包含有一衰减的非周期直流分量，该直流分量的大小为

$$I_{dc}(t) = [I_{pm0} \cdot \sin(\alpha - \varphi_0) - I_{Pm} \cdot \sin(\alpha - \varphi)] \cdot e^{-t/\tau}$$

式中：

I_{pm0} 为故障前的电流最大值，

I_{pm} 为故障后的稳态短路电流最大值，

φ_0 为故障前的回路阻抗角，

φ 为故障后的回路阻抗 Z 的阻抗角，$Z = Z_S + Z_d$，

α 为故障瞬间电源电压的角度，

τ 为故障后回路的衰减时间常数（该参数由用户根据实际情况输入）

注：1）由于短路故障计算建模时，一般假设线路阻抗角等于系统阻抗角度，此时，直流电压分量 $V_{dc}(t)=0$ 。

2）一般情况下，继电保护只关心故障后的稳态电流、电压分量，通常此处取“不含直流（非周期）分量”；

- **衰减时间τ**：故障后回路的衰减时间常数；
- **试验限时**：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，一般地，应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸→重合→再跳闸”的过程；
- **跳闸延时**：模拟断路器的跳闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的跳闸信号，经过“跳闸延时”后，方进入跳闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪开入量直接连接断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；
- **合闸延时**：模拟断路器的合闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的合闸信号，经过“合闸延时”后，方进入合闸后的电压电流状态。（注：理论上，如果测试仪开入量直接连接断路器的“合位”接点，则合闸延时可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议取 0.02 秒，以保证三相可靠闭合）；

6/7 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

- **开入接点 A**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 A 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 B**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 B 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 C**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 C 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 R**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“重合接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

7/7 模型：

- **计算模型**：一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。程序共提供了三种方式：“Zs 恒定”、“电压恒定”和“电流恒定”。
  - ✧ Zs 恒定：即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处 Zs 指系统电源到保护安

装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；

✧ 电压恒定：即短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf 恒定。此处

  ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，

  ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。

✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；

- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **电源阻抗** Zs：系统电源到保护安装处的线路等值阻抗 Zs（正序阻抗），计算模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度；
- **补偿系数** Ks：电源阻抗 Zs 的零序补偿系数，模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_S = \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3 * Z_{S1}} = \mathrm{Re}(K_S) + j\,\mathrm{Im}(K_S) = |K_S| \angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Ks）=0，Ks 为一实数，通常 $|K_S|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

- **补偿系数** Kl：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；

✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = |K_l| \angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常 $|K_l|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- **Ux 设置**：程序提供了 10 种不同的输出方式，包括：$+3U0$、$-3U0$、$+3U0 * \sqrt{3}$、$-3U0 * \sqrt{3}$、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：故障前以及故障跳闸前，Ux 均输出 A 相电压 Ua，一旦跳闸，则 Ux 输出同期电压，重合闸后，Ux 恢复为 A 相电压 Ua。

- **抽取电压**：当第 4 路电压选择为检同期方式时有效。“抽取电压”模拟断路器跳闸后到重合闸之前这一段时间内的线路侧电压，可以用来测试保护重合闸的“检同

期”、“检无压” 功能；

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

- **负荷电流**：与故障后的短路电流相比，负荷电流幅值很小，一般可以忽略不计，即空载，取 0；
- **角度**：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移。

§2-8-2 零序保护定值校验

零序保护定值校验，定性分析零序保护各段动作的灵敏性和可靠性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 6 页显示，包括：
  - ✧ 定值：零序电流定值设置；
  - ✧ 项目：零序Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ各段电流测试倍数选择；
  - ✧ 故障：测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置：测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量：保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型：各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **设置、项目、故障、设置、开关量、模型：**此 6 项分别对应控制参数设置区的 6 页参数，光标移动到此 6 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

- ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

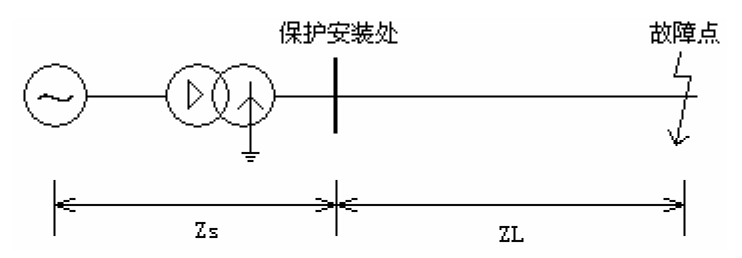
- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

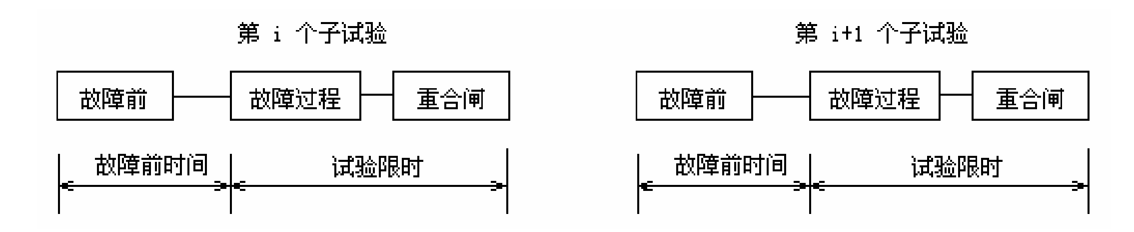
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-8-2-1 基本原理

单电源网络计算模型：



本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动）。

§2-8-2-2 变量说明

1/6 定值： 零序定值设置

- **零序 I 段 3I0**：零序 I 段定值；
- **零序 II 段 3I0**：零序 II 段定值；
- **零序 III 段 3I0**：零序 III 段定值；
- **零序 IV 段 3I0**：零序 IV 段定值；
- **I 段时间 T1**：零序 I 段的动作时间定值；

- **II 段时间 T2**：零序 II 段的动作时间定值；
- **III 段时间 T3**：零序 III 段的动作时间定值；
- **IV 段时间 T4**：零序 IV 段的动作时间定值；

注：必须保证 T4 ＞ T3 ＞ T2 ＞ T1 ；

2/6 项目：

根据需要选择各段零序定值的测试倍数，倍数可以改变，打“ √ ”者表示选中测试；

- **零序 I 段**：选择零序 I 段的各测试项目；
- **零序 II 段**：选择零序 II 段的各测试项目；
- **零序 III 段**：选择零序 III 段的各测试项目；
- **零序 IV 段**：选择零序 IV 段的各测试项目；

3/6 故障：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- **A 相接地**：打“ √ ”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **B 相接地**：打“ √ ”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **C 相接地**：打“ √ ”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

4/6 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

5/6 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

6/6 模型：

- **计算模型**：由于为电流型试验，程序只提供了“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。
  - ✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **短路阻抗 ZL**：保护安装处到短路点的线路阻抗 ZL（正序阻抗），极坐标形式：幅值，角度；
- **补偿系数 Kl**：短路阻抗 Zl 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \text{Re}(K_l) + j\,\text{Im}(K_l) = \left|K_l\right| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则

Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常$\left|K_l\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- **Ux 设置：**程序提供了 10 种不同的输出方式，包括：$+3U0$、$-3U0$、$+3U0 * \sqrt{3}$、$-3U0 * \sqrt{3}$、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

  注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：故障前以及故障跳闸前，Ux 均输出 A 相电压 Ua，一旦跳闸，则 Ux 输出同期电压，重合闸后，Ux 恢复为 A 相电压 Ua。
- **抽取电压**：当第 4 路电压选择为检同期方式时有效。“抽取电压”模拟断路器跳闸后到重合闸之前这一段时间内的线路侧电压，可以用来测试保护重合闸的“检同期”、“检无压”功能；
- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。
- **负荷电流**：与故障后的短路电流相比，负荷电流幅值很小，一般可以忽略不计，即空载，取 0；
- **角度**：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移。

§2-8-3 过流保护定值校验

过流保护定值校验，定性分析过流保护各段动作的灵敏性和可靠性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 6 页显示，包括：
  - ✧ 定值：过流电流定值设置；
  - ✧ 项目：速断、限时速断、定时限、过负荷各段电流测试倍数选择；
  - ✧ 故障：测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置：测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量：保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型：各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **设置、项目、故障、设置、开关量、模型：** 此 6 项分别对应控制参数设置区的 6 页参数，光标移动到此 6 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

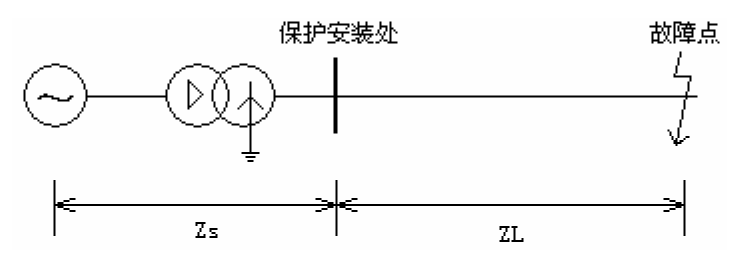
- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

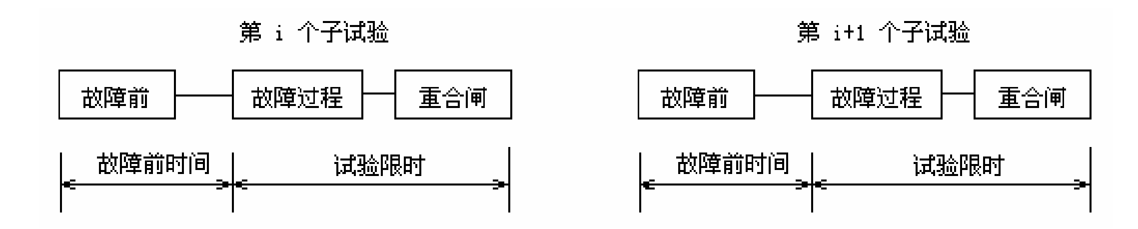
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-8-3-1 基本原理

单电源网络计算模型：



本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动）。

§2-8-3-2 变量说明

1/6 定值： 过流定值设置

- **速断**：速断定值；
- **限时速断**：限时速断定值；
- **定时限过流**：定时限过流定值；
- **过负荷**：过负荷定值；
- **速断 T1**：速断的动作时间定值；

- **限时速断** T2：限时速断的动作时间定值；
- **定时限过流** T3：定时限过流的动作时间定值；
- **过负荷** T4：过负荷的动作时间定值；

注：必须保证 T4 > T3 > T2 > T1 ；

2/6 项目：

根据需要选择各段过流定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试；

- **速断** I1：选择速断的各测试项目；
- **限时速断** I2：选择限时速断的各测试项目；
- **定时限过流** I3：选择定时限过流的各测试项目；
- **过负荷** I4：选择过负荷的各测试项目；

3/6 故障：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- A **相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- B **相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- C **相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- AB **相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- BC **相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- CA **相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **三相短路**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

4/6 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

5/6 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

6/6 模型：

本页中的所有参数定义同“零序保护定值校验”（详见 2-8-2-2）。

§2-8-4 负序电流保护定值校验

负序电流保护定值校验，定性分析负序电流保护各段动作的灵敏性和可靠性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 6 页显示，包括：
  - ✧ 定值：负序过流定值设置；
  - ✧ 项目：负序Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ各段电流测试倍数选择；
  - ✧ 故障：测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置：测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量：保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型：各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **设置、项目、故障、设置、开关量、模型：**此 6 项分别对应控制参数设置区的 6 页参数，光标移动到此 6 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

- ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

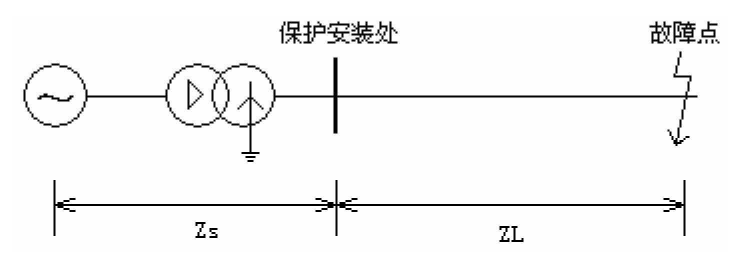
- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

3） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

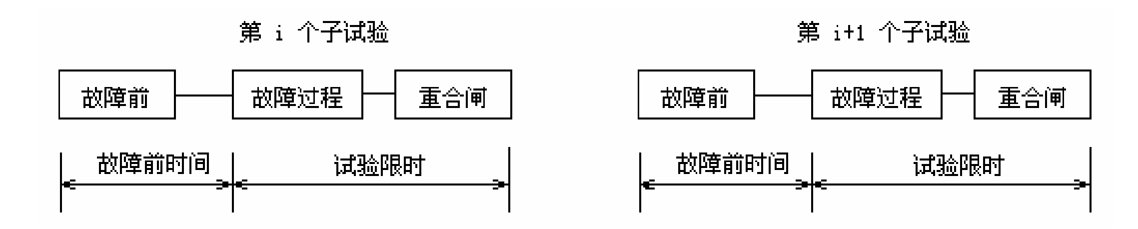
4） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-8-4-1 基本原理

单电源网络计算模型：



本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动）。

§2-8-4-2 变量说明

1/6 定值： 负序过流定值设置

- **负序 I 段 I2**：负序 I 段定值；
- **负序 II 段 I2**：负序 II 段定值；
- **负序 III 段 I2**：负序 III 段定值；
- **负序 IV 段 I2**：负序 IV 段定值；
- **I 段时间 T1**：负序 I 段的动作时间定值；

- **II 段时间 T2**：负序 II 段的动作时间定值；
- **III 段时间 T3**：负序 III 段的动作时间定值；
- **IV 段时间 T4**：负序 IV 段的动作时间定值；

注：必须保证 T4 ＞ T3 ＞ T2 ＞ T1 ；

2/6 项目：

根据需要选择各段负序定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试；

- **负序 I 段**：选择负序 I 段的各测试项目；
- **负序 II 段**：选择负序 II 段的各测试项目；
- **负序 III 段**：选择负序 III 段的各测试项目；
- **负序 IV 段**：选择负序 IV 段的各测试项目；

3/6 故障：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- **A 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **B 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **C 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **AB 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **BC 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **CA 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

4/6 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”(详见 2-8-1-2)；

5/6 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

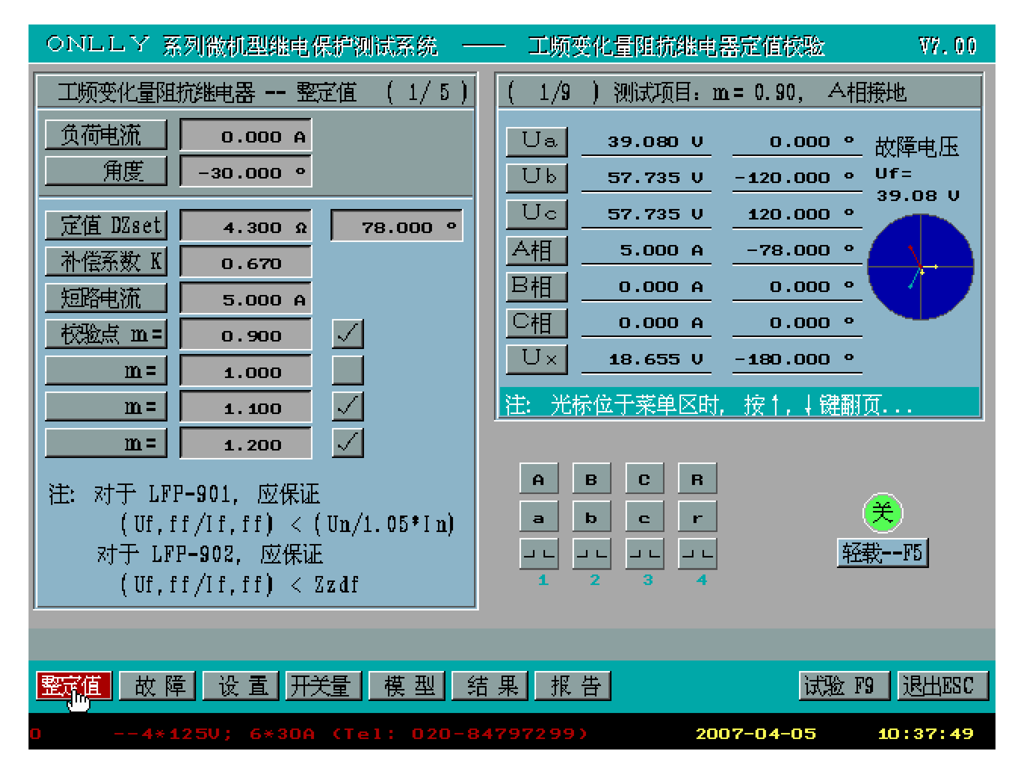
本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”(详见 2-8-1-2)。

6/6 模型：

本页中的所有参数定义同“零序保护定值校验”(详见 2-8-2-2)。

§2-8-5 工频变化量阻抗继电器

工频变化量阻抗继电器，定性分析工频变化量阻抗继电器动作的灵敏性和可靠性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 5 页显示，包括：
  - ✧ 整定值 ：工频变化量阻抗定值设置；
  - ✧ 故障： 测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置： 测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量： 保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型；各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **整定值、故障、设置、开关量、模型**：此 5 项分别对应控制参数设置区的 5 页参数，光标移动到此 5 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键)。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-8-5-1 基本原理

模拟故障电流固定(其数值应使模拟故障电压在 0～U_N 范围内)，故障电压为

模拟单相接地故障时 $U=(1+K)*I*DZset+(1-1.05m)*Un$

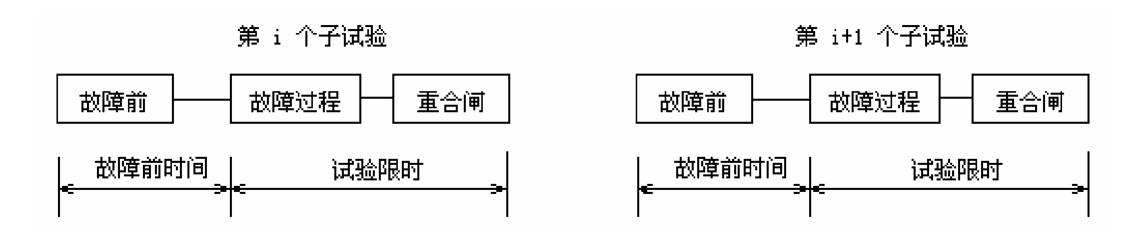
模拟相间短路故障时 $U=2*I*DZset+(1-1.05m)*\sqrt{3}*Un$

式中：m——系数；

$DZset$——工频变化量距离保护定值。

工频变化量距离保护在 m=1.1 时，应可靠动作；在 m=0.9 时，应可靠不动作；在 m=1.2 时，测量工频变化量距离保护动作时间。

本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动)。

§2-8-5-2 变量说明

1/5 整定值： 工频变化量阻抗定值设置

- **负荷电流**：与故障后的短路电流相比，负荷电流幅值很小，一般可以忽略不计，即空载，取 0；
- **角度**：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移。

- **定值** DZset：工频变化量阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **补偿系数**：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，

$$K_L = \frac{Z_{L0} - Z_{L1}}{3 * Z_{L1}} = \mathrm{Re}(K_L) + j\,\mathrm{Im}(K_L)$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（KL）=0，KL 为一实数，通常取 0.667。

- **短路电流**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If。
- **校验点 m=**：根据需要选择系数，系数值可以改变，打“√”者表示选中测试；

2/5 故障：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- **A 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **B 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **C 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **AB 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **BC 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **CA 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **三相短路**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

3/5 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）；

4/5 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

5/5 模型：

- **计算模型**：由于为电流型试验，程序只提供了“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。
  - ✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **Ux 设置**：程序提供了 10 种不同的输出方式，包括：$+3U0$、$-3U0$、$+3U0*\sqrt{3}$、$-3U0*\sqrt{3}$、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

  注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：

故障前以及故障跳闸前，Ux 均输出 A 相电压 Ua，一旦跳闸，则 Ux 输出同期电压，重合闸后，Ux 恢复为 A 相电压 Ua。

- **抽取电压**：当第 4 路电压选择为检同期方式时有效。“抽取电压”模拟断路器跳闸后到重合闸之前这一段时间内的线路侧电压，可以用来测试保护重合闸的“检同期”、“检无压”功能；
- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

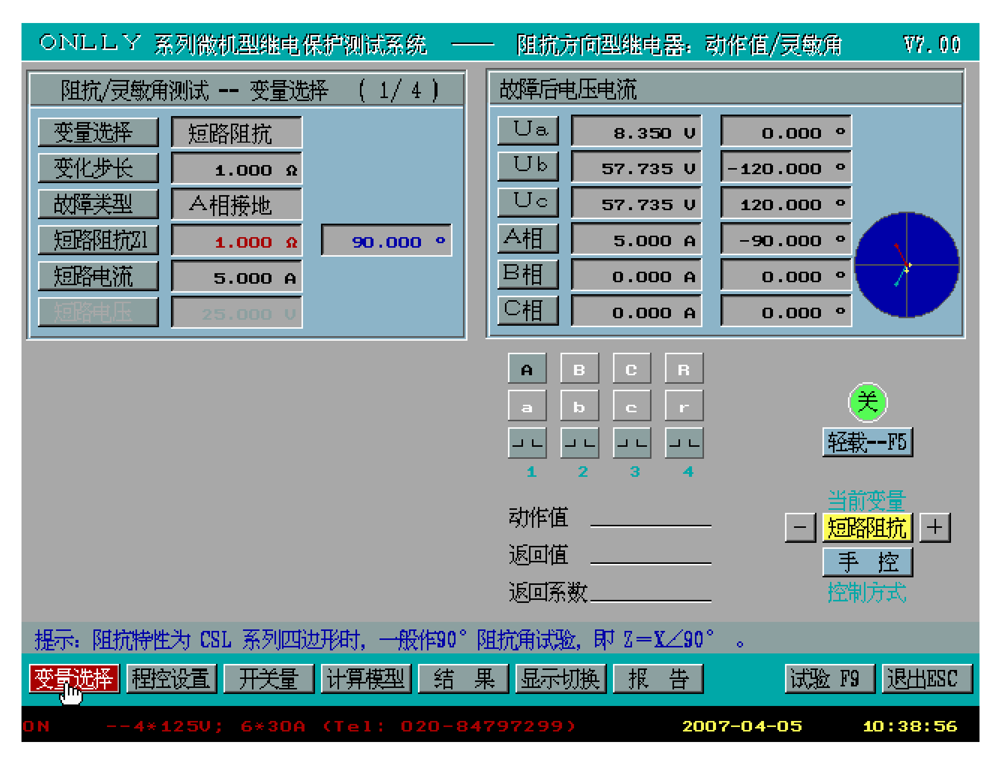
  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

§2-9 阻抗/方向型继电器

本菜单下包括三个测试菜单：阻抗/方向型继电器（动作值/灵敏角）、阻抗特性（动作边界特性）、精工电流，精工电压。

§2-9-1 阻抗/方向型继电器（动作值/灵敏角）

测试阻抗/方向型继电器的动作值、返回值，以及灵敏角。



主界面分为三个区域：

- 左上区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括变量选择，程控设置，开关量和计算模型；
- 右上区：电压、电流显示区，根据当前阻抗、阻抗角的变化，实时计算并显示 3 路电压、3 路电流的幅值、角度；根据“显示切换”的选择，程序提供了 2 种辅助显示方式，包括矢量图和线序分量；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前变量、试验控制方式、开入/开出量状态、试验结果等。

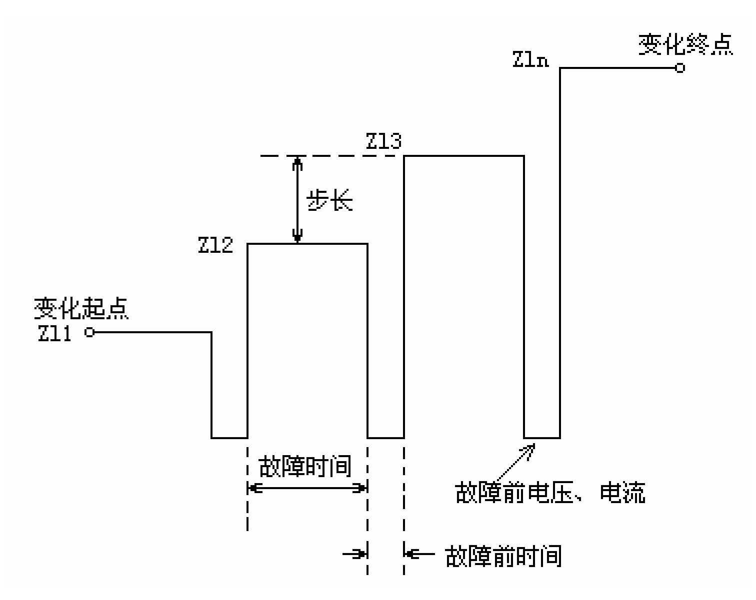
注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **变量选择、程控设置、开关量、计算模型**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区和电压电流设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示本次试验结果。
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示电压、电流，程序提供了 2 种方式，包括矢量图和线序分量。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-9-1-1 基本原理

程控试验时，变量的变化过程如下图所示，其中，每一步的试验时间包括两个阶段：故障前时间（输出空载），故障时间（输出故障电压电流）。



§2-9-1-2 变量说明

1/4 变量选择：

- **变量选择**：选择试验过程中的变量，包括：短路阻抗和短路阻抗角。其中，短路阻抗变量用于测试动作阻抗，短路阻抗角变量用于测试灵敏角；
- **变化步长**：设置所选择变量的变化步长；
- **故障类型**：选择测试所需要的故障类型，程序提供了 7 种故障类型，包括：A 相接地、B 相接地、C 相接地、AB 相间、BC 相间、CA 相间、三相短路；
- **短路阻抗** Zl：用于实时显示当前短路阻抗、短路阻抗角的大小，程序根据 Zl，结合其它参数的设置，自动计算当前三相电压、电流的幅值、角度;）

  注：短路阻抗指保护安装处距离短路点的线路阻抗（正序阻抗）。手动控制时，该参数可以直接修改。
- **短路电流**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If。计算模型为“电流恒定”时有效；
- **短路电压**：短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf。计算模型为“电压恒定”时有效；
  - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
  - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。

2/4 程控设置：

- **程控/手控**：选择试验过程的控制方式，
  - ✧ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的

干预仅限于通过 Esc 键中止试验。

- ✧ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 “+”、“-” 键增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，用户也可以按 F8（Aux2）记录动作值，按 F10（Aux3）记录返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后用户可按 Esc 键中止试验。

（以下参数中的变化范围、变化方式、返回方式仅对程控试验有效）

- **变化范围**：变量变化的起点，终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值。
- **变化方式**：变量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，
  - ✧ “始→终”为单程变化，只能测动作值；
  - ✧ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值；
- **返回方式**：变量的返回方式，
  - ✧ “动作返回”时，变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则根据变化方式确定是否继续试验：变化方式为“始→终”，结束试验；变化方式为“始→终→始”，改变变量的变化方向，向起点返回。
  - ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

  注：灵敏角的测试必须采用“始→终→始”,“全程变化”的方式！
- **故障前时间**：变量在变化的过程中，每一步的试验时间包括两个阶段：故障前时间（输出空载），故障时间（输出故障电压电流）；

  一般地，故障前时间必须能保证保护可靠复归。
- **故障时间**：变量在变化的过程中，每一步的试验时间包括两个阶段：故障前时间（输出空载），故障时间（输出故障电压电流）；

  一般地，故障时间的设置应大于继电器的动作时间。本参数在手动控制时无效。

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R

与 r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 计算模型：

- **计算模型**：一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。程序共提供了三种方式：“Zs 恒定”、“电压恒定”和“电流恒定”。
  - ✧ Zs 恒定：即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处 Zs 指系统电源到保护安装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；
  - ✧ 电压恒定：即短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf 恒定。此处
    - ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，
    - ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。
  - ✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **电源阻抗 Zs**：系统电源到保护安装处的线路等值阻抗 Zs（正序阻抗），计算模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度；
- **补偿系数 Ks**：电源阻抗 Zs 的零序补偿系数，模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_S = \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3 * Z_{S1}} = \mathrm{Re}(K_S) + j\,\mathrm{Im}(K_S) = |K_S|\angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Ks）=0，Ks 为一实数，通常 $|K_S|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

- **补偿系数 Kl**：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = |K_l|\angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，

则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常$\left|K_l\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

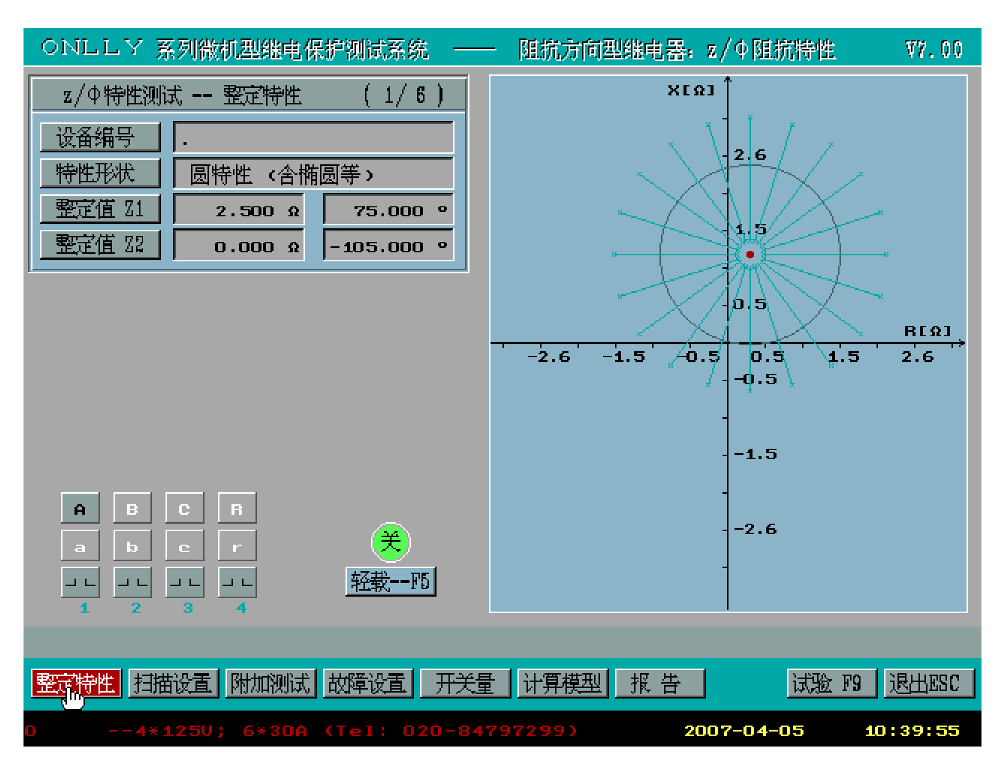
$$K_R=\frac{R_{l0}-R_{l1}}{3*R_{l1}},Kx=\frac{X_{l0}-X_{l1}}{3*X_{l1}}$$

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

§2-9-2 阻抗特性（动作边界特性）

自动测试阻抗型继电器（包括阻抗继电器、功率方向继电器等）的动作边界，即 Z(φ)动作边界特性。



主界面分为三个区域：

- 左上区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 6 页显示，包括整定特性，扫描设置，附加测试，故障设置，开关量和计算模型；
- 左下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。
- 右半区：显示阻抗特性的整定图形，以及测试完毕后所搜索到的动作边界。试验过程中，还可以辅助显示动作边界的搜索过程。

  注："轻载—F5"按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **整定特性、扫描设置、附加测试、故障设置、开关量、计算模型**：此 6 项分别对应控制参数设置区的 6 页参数，光标移动到此 6 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面

的控制参数设置区，

✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

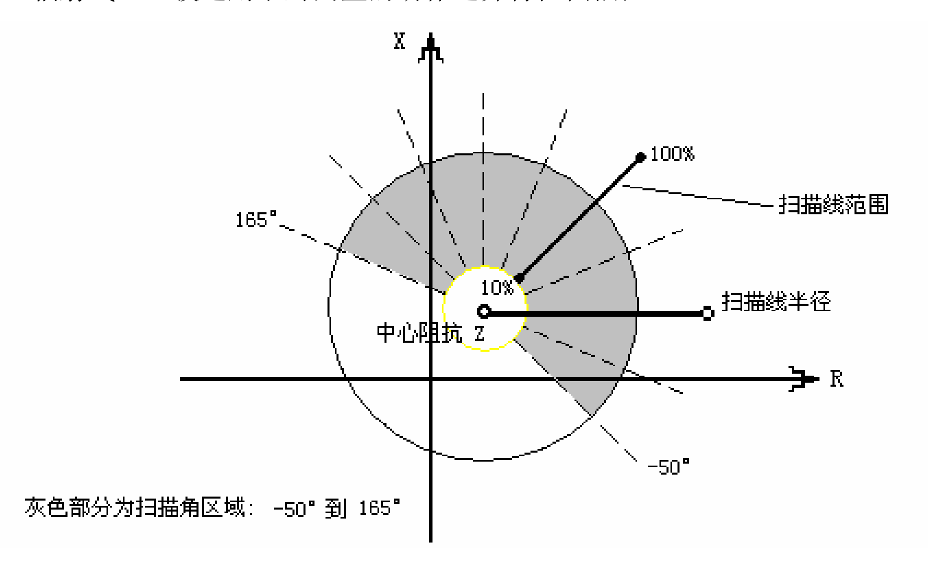
2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-9-2-1 基本原理

根据阻抗整定特性的不同，程序提供了两种不同的扫描方式：辐射式，平行式。辐射式扫描一般用于搜索圆形、四边形等封闭式的动作边界（如阻抗继电器），而平行式则通常用于直线动作边界特性的扫描（如功率方向继电器）。

1、动作边界的扫描方式

✧ **辐射式**：比较适用于封闭型的动作边界特性扫描；

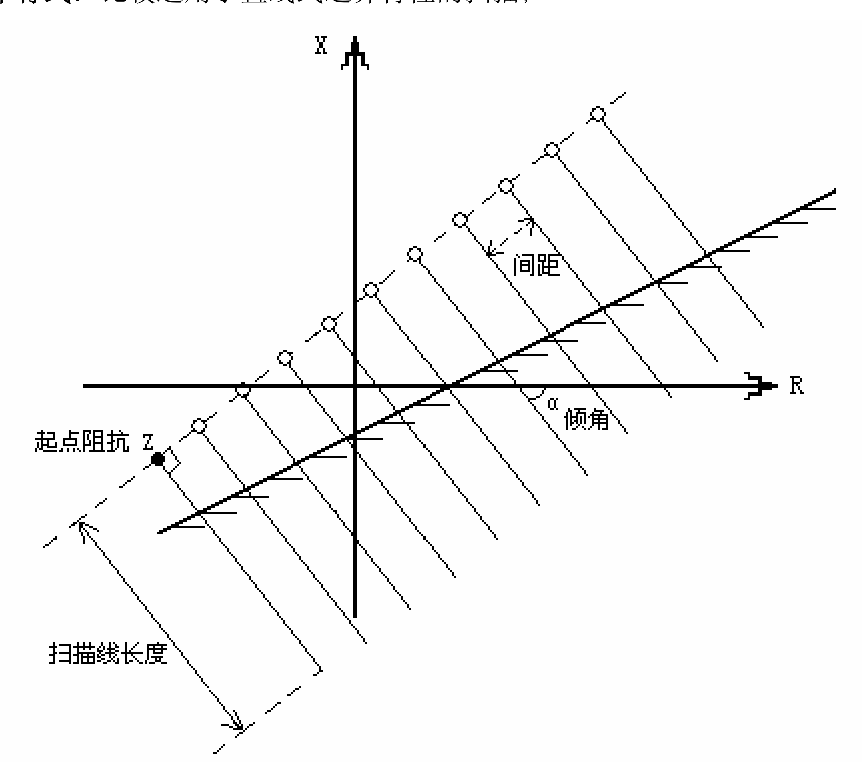


扫描方式选择辐射式时，试验中待测试的扫描边界点由扫描角区域和步长决定，此处，扫描角度以平行于 R 轴为 0°。例：取扫描角区域为-50°到 165°，步长为 25°，则程序自动以-50°为起点，以 165°为终点，按逆时针方向，每隔 25°计算一条扫描线，如上图各虚线所示。各扫描线的起点均为中心阻抗 Z，长度由扫描半径决定，每条扫描线与整定边界特性的交叉点即为测试时等待搜索的动作边界点。

为了加快每个边界点的搜索过程，各扫描线上的搜索起点应尽可能地接近边界点，为此程序提供了扫描线搜索起点 K%的设置，即边界点只需在每条扫描线扫描半径的 K%到 100%之间进行搜索即可。一般地，应保证扫描半径的 K%位于动作区内，100%位于动作区外，即扫描线必须完全覆盖动作边界。

如果程序计算过程中发现某条扫描线的搜索起点或终点的电压、电流越限，则自动忽略该扫描线。

✧ **平行式**：比较适用于直线式边界特性的扫描；



扫描方式选择平行式时，试验中待测试的扫描边界点由起点阻抗 Z、扫描线倾角、间距以及扫描线数目决定，同理，此处扫描线倾角以平行于 R 轴为 0°。设置完以上参数后，程序自动以起点阻抗 Z 为开始，沿 R 轴正方向，按“间距”等距离地计算各扫描线，扫描线的方向平行于“倾角”方向，扫描线的长短由“长度”确定。每条扫描线与

整定边界特性的交叉点即为测试时等待搜索的动作边界点。

如果程序计算过程中发现某条扫描线的搜索起点或终点的电压、电流越限，则自动忽略该扫描线。

2、动作边界的搜索原理

本试验中，对于一般扫描线上的测试点，程序采用二分法原理进行动作边界点搜索，其搜索过程如下：

1）测试扫描线起点；

2）测试扫描线终点；

3）根据起点和终点的动作情况，决定下一步的搜索动作：

- ✧ 二者动作情况相同，则说明边界点不在此扫描线上，或者可能存在两个以上的边界点，结束本边界点的搜索；
- ✧ 二者动作情况不同，则说明有唯一边界点存在于本扫描线上，进入二分法搜索，逐步逼近边界点，直到满足测试精度后，结束本边界点的搜索；

对于附加测试的扫描线，起点为所设定的附加测试点（一般应保证该点在动作区外），终点均为坐标轴原点（0，0）。程序采用的搜索方法与一般扫描线略有不同，具体如下：

由附加测试点开始，沿附加测试点、1/2 附加测试点、1/4 附加测试点、…，逐步检查保护的动作情况，直到找到两个动作情况相反的阻抗点：一个动作点，一个不动作点；

- ✧ 一旦找到以上两个点，则以其为端点，进入二分法搜索，逐步逼近动作阻抗边界，直到满足测试精度，结束本边界点的搜索；
- ✧ 如果已经到达扫描终点，即原点（以满足测试精度为准），仍没有找到以上两个点，则说明动作边界点不在本扫描线上，或者可能存在两个以上的边界点，结束本边界点的搜索；

§2-12-2 变量说明

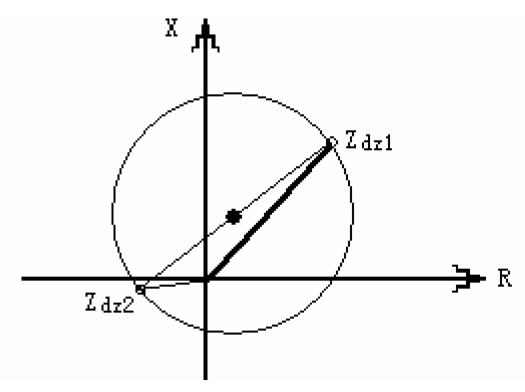
1/6 整定特性：

- **设备编号**：阻抗型继电器(保护)的设备编号,用于试验报告的保存；
- **特性形状**：选择继电器（保护）的整定边界特性，程序提供了 4 种大的类型，包括
  - ✧ 圆特性（含椭圆等）：主要针对南瑞 LFP 类型的线路保护；
  - ✧ 四边形特性（CSL 型）：主要针对四方的 CSL 类型的线路保护；

- ✧ 直线特性：主要针对功率方向继电器；
- ✧ 四边形特性（ZKH 型）：主要针对许继的 ZKH 型电铁馈线保护；

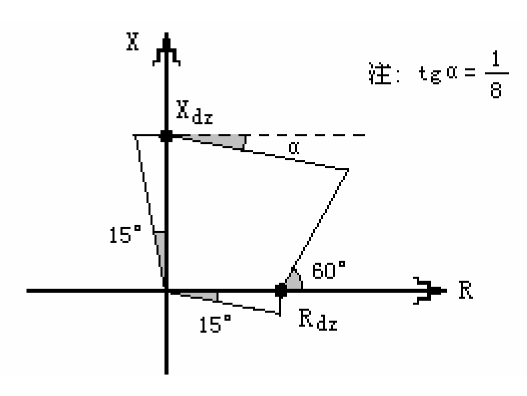
由于每种特性的定值参数各不相同，故本页参数与所选择的特性形状类型有关。

-- **圆特性（含椭圆等）**：以整定值 Zdz1 和 Zdz2 的连线为半径的圆；



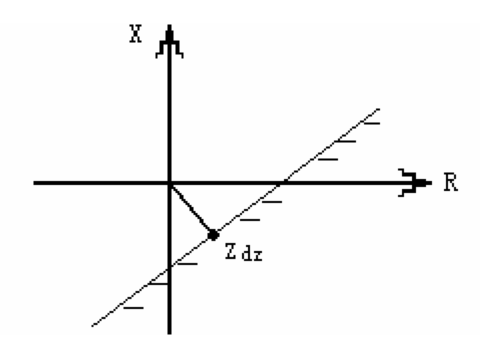
- ✧ 整定值 Z1：Zdz1 的极坐标形式：大小，角度；
- ✧ 整定值 Z2：Zdz2 的极坐标形式，大小，角度；

-- **四边形特性（CSL 型）**：四方 CSL 型线路保护，其特性由 Rdz，Xdz 决定；



- ✧ 整定值 R：Rdz，类似于模拟短路时的过渡电阻；
- ✧ 整定值 X：Xdz，类似于通常意义上保护的阻抗定值；

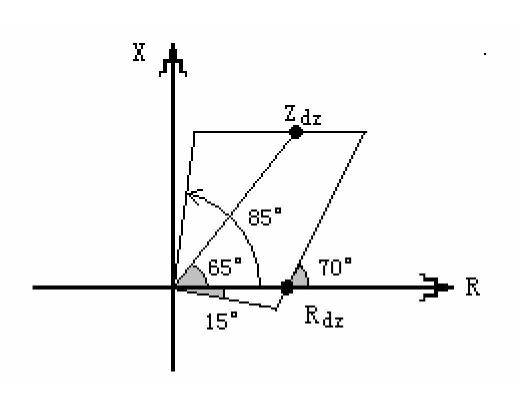
-- **直线特性**：其特性由 Zdz 决定；



✧ 整定值 Z：Zdz 的大小；

✧ 整定值 Φ：Zdz 的角度；

-- **四边形特性（ZKH 型）**：许继 ZKH 型电铁馈线保护，其特性由 Rdz，Zdz 决定。一般地，四边形特性位于第一象限时，Rdz>0，Zdz 角度为 65°；四边形特性位于第三象限时，Rdz<0，Zdz 角度为 -115°。



✧ 整定值 R：Rdz 的大小；

✧ 整定值 Z：Zdz 的极坐标形式，大小，角度；

2/6 扫描设置：

● **扫描方式**：选择动作边界点的扫描方式，包括：辐射式和平行式。

不同的扫描方式，其参数的设置各有不同，

-- **辐射式**：以“中心阻抗 Z”为圆心，以“扫描线半径”为半径作外圆，以扫描线“范围”为半径作内圆；在“扫描角区域”内沿逆时针方向，每隔一个“步长”作一条扫描线，扫描线的方向为圆环的半径方向。

✧ 中心阻抗 Z：辐射式扫描圆圆心 Z 的极坐标形式，大小，角度；

✧ R + j X：辐射式扫描圆圆心 Z 的直角坐标形式，电阻，电抗。由程序自动计算并填写；

✧ ←、→、↑、↓：四个微调按钮，对扫描圆圆心 Z 的坐标进行左、右、上、下的微小调节；

✧ 扫描角区域：扫描角的起始角和终止角，二者沿逆时针方向所包围的区域即为扫描角区域；

注：此处扫描角度均以中心阻抗 Z 为参考原点。

✧ 步长：从扫描角起点开始，以步长为间距，沿拟时针方向确定需要测试的扫描线；

- ✧ 扫描线半径：辐射式扫描圆的半径，相对于中心阻抗 Z。即以 Z 为圆心，以扫描线半径为半径画圆则构成扫描圆；
- ✧ 范围：为了加快动作边界的搜索，各扫描线上的搜索起点应尽可能地接近边界点，为此程序提供了扫描范围的设置：K%～100%的扫描线半径，即边界点只需在每条扫描线扫描半径的 K%到 100%之间进行搜索即可。一般地，应保证扫描半径的 K%位于动作区内，100%位于动作区外，即扫描线必须完全覆盖动作边界。
- ✧ 测试精度：由于每个动作边界点的搜索为一逐渐逼近的过程，所以必须为其设置一个收敛标准，即测试精度。当所搜索到的动作点和不动作点之间的阻抗大小之差小于该精度时，即可认为二者为同一点，也即动作边界点。

-- **平行式**：以“起点阻抗 Z”为起点，沿“扫描线倾角”方向作出第一条扫描线后，在起点 Z 处作直线垂直于本扫描线，沿垂线每隔“间距”长度作一扫描线，扫描线的条数由“扫描线数目”决定，各扫描线均平行于第一条扫描线。

- ✧ 起点阻抗 Z：平行扫描线是一簇平行的线段，该簇平行线的起点为 Z，本参数设置 Z 的极坐标形式，大小，角度；
- ✧ R + j X：起点阻抗 Z 的直角坐标形式，电阻，电抗。由程序自动计算并填写；
- ✧ ←、→、↑、↓：四个微调按钮，对起点阻抗 Z 的坐标进行左、右、上、下的微小调节；
- ✧ 扫描线倾角：本簇平行扫描线的倾斜角，相对于横坐标的正方向而言，即与 R 轴正方向的夹角；
- ✧ 间距：相邻两条扫描线之间的最短距离（即公垂线段长度）；
- ✧ 扫描线数目：从起点阻抗 Z 开始，本簇平行扫描线的最大条数；

  注：如果某条扫描线的起点和终点阻抗导致故障电压或电流越限，则该条扫描线将被取消，所以图中显示出的扫描线为最终参加测试的扫描线；
- ✧ 长度：每条扫描线段的长度；
- ✧ 测试精度：由于每个动作边界点的搜索为一逐渐逼近的过程，所以必须为其设置一个收敛标准，即测试精度。当所搜索到的动作点和不动作点之间的阻抗大小之差小于该精度时，即可认为二者为同一点，也即动作边界点。

3/6 附加测试：本页中的角度均以原点（0，0）为参考原点，打“√”表示选中参

与测试；

- **附加测试角 1**：设置附加测试角 1 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；
- **附加测试角 2**：设置附加测试角 2 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；
- **附加测试角 3**：设置附加测试角 3 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；
- **附加测试角 4**：设置附加测试角 4 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；
- **附加测试角 5**：设置附加测试角 5 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；
- **附加测试角 6**：设置附加测试角 6 的扫描半径，以及测试角的角度，打“√” 表示选中参与测试；

4/6 故障设置：搜索过程中，每次故障包括两个阶段：故障前，故障；

- **故障前时间**：故障前时间内输出空载（或负荷）状态，通常用于模拟继电器或保护的复归；一般地，故障前时间必须能保证保护可靠复归。
- **故障时间**：故障时间阶段输出故障后的电压、电流状态；

  注：为了正确地搜索出本段的动作边界，必须保证“故障时间”的设置大于本段的整定动作时间，但小于下一段的整定动作时间。如测试距离保护 II 段的动作边界，则“故障时间”必须大于 II 段的整定时间，但小于 III 段的整定时间。
- **故障类型**：选择待测试的故障类型，程序提供了 7 种故障：A 相接地、B 相接地、C 相接地、AB 相间、BC 相间、CA 相间、三相短路；
- **故障方向**：选择故障时的方向，“正向故障”，或，“反向故障”；
- **负荷电流**：与故障后的短路电流相比，负荷电流幅值很小，一般可以忽略不计，即空载，取 0；
- **角度**：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移；

5/6 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R

与 r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

6/6 计算模型：

- **计算模型**：阻抗型继电器的动作边界特性分为两种，“静态特性”和“动态特性”。
  - ✧ “静态特性”的测试，一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。所谓电流恒定，即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定
  - ✧ “动态特性”的测试，则一般采用“Zs 恒定”。所谓 Zs 恒定，即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处 Zs 指系统电源到保护安装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；
- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **短路电流**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If。计算模型为“电流恒定”时有效；
- **电源阻抗 Zs**：系统电源到保护安装处的线路等值阻抗 Zs（正序阻抗），计算模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度；
- **补偿系数 Ks**：电源阻抗 Zs 的零序补偿系数，模型为“Zs 恒定”时有效，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_S = \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3 * Z_{S1}} = \mathrm{Re}(K_S) + j\,\mathrm{Im}(K_S) = \left|K_S\right| \angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Ks）=0，Ks 为一实数，通常 $\left|K_S\right|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

- **补偿系数 Kl**：短路阻抗 Zl 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = \left|K_l\right| \angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，

则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常 $\left|K_l\right|$ 取 0.667，角度 φ 为 0°。

✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

§2-9-3　精工电流，精工电压

测试阻抗型继电器在不同的短路电流/短路电压下的动作边界，即 Z(I)精工电流特性/ Z(U)精工电压特性。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括测试项目，故障设置，开关量，计算模型；
- 右上区：试验结果显示区，实时显示试验过程中的测试结果；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **测试项目、故障设置、开关量、计算模型**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

  本程序提供了 2 种查看报告的方式：文本方式和图形方式。其中文本方式用于查看试验结果的文字说明，图形方式用于更加直观地查看试验结果曲线；
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-9-3-1 基本原理

精工电流：本试验采用定电流方式（短路电流恒定）。

试验过程中，每条扫描线的扫描起点为最大扫描阻抗点（由最大扫描阻抗和阻抗角确定，一般应保证其在动作区外），终点为坐标轴原点（0，0）。

每个电流点处边界动作阻抗的搜索过程如下：

由扫描起点开始，沿扫描起点、1/2 扫描起点、1/4 扫描起点、…，逐步检查保护的动作情况，直到找到两个动作情况相反的阻抗点：一个动作点，一个不动作点；

- ✧ 一旦找到以上两个点，则以其为端点，进入二分法搜索，逐步逼近动作阻抗边界，直到满足测试精度，结束本边界点的搜索；
- ✧ 如果已经到达扫描终点，即原点（以满足测试精度为准），仍没有找到以上两个点，则说明动作边界点不在本扫描线上，或者可能存在两个以上的边界点，结束本边界点的搜索；

精工电压：本试验采用定电压方式（短路电压恒定）。

试验过程中，每条扫描线的扫描起点为最大扫描阻抗点（由最大扫描阻抗和阻抗角确定，一般应保证其在动作区外），终点为坐标轴原点（0，0）。

每个电压点处边界动作阻抗的搜索过程如下：

由扫描起点开始，沿扫描起点、1/2 扫描起点、1/4 扫描起点、…，逐步检查保护

的动作情况，直到找到两个动作情况相反的阻抗点：一个动作点，一个不动作点；

- ✧ 一旦找到以上两个点，则以其为端点，进入二分法搜索，逐步逼近动作阻抗边界，直到满足测试精度，结束本边界点的搜索；
- ✧ 如果已经到达扫描终点，即原点（以满足测试精度为准），仍没有找到以上两个点，则说明动作边界点不在本扫描线上，或者可能存在两个以上的边界点，结束本边界点的搜索；

§2-9-3-2 变量说明

1/4 测试项目：

- **测试项目**：程序提供了 2 种测试项目，包括：精工电流、精工电压。用户根据需要任意设定；

（以下参数仅当测试项目为精工电流时有效）

- **电流变化起点**：测试电流的变化起点。

  测试时，故障情况下的短路电流从起点开始，按步长逐步增加，直到终点，依次测试各电流点下的边界动作阻抗；
- **终点**：测试电流的变化终点；
- **步长**：测试电流的变化步长；

（以下参数仅当测试项目为精工电压时有效）

- **电压变化起点**：测试电压的变化起点。

  测试时，故障情况下的短路电压从起点开始，按步长逐步增加，直到终点，依次测试各电压点下的边界动作阻抗；
- **终点**：测试电压的变化终点；
- **步长**：测试电压的变化步长；
- **最大扫描阻抗**：搜索各电流点所对应的边界阻抗时，扫描线的搜索起点由最大扫描阻抗和阻抗角确定。一般地，应保证该起点在动作区外；
- **阻抗角**：最大扫描阻抗的阻抗角。通常取阻抗继电器（保护）的灵敏角；
- **测试精度**：由于每个动作边界点的搜索为一逐渐逼近的过程，所以必须为其设置一个收敛标准，即测试精度。当所搜索到的动作点和不动作点之间的阻抗大小之差小于该精度时，即可认为二者为同一点，也即动作边界点。

2/4 故障设置：

- **故障前时间**：故障前时间内输出空载（或负荷）状态，通常用于模拟继电器或

保护的复归；一般地，故障前时间必须能保证保护可靠复归

- **故障时间**：故障时间阶段输出故障后的电压、电流状态；

  注：为了正确地搜索出本段的动作边界，必须保证“故障时间”的设置大于本段的整定动作时间，但小于下一段的整定动作时间。如测试距离保护 II 段的动作边界，则“故障时间”必须大于 II 段的整定时间，但小于 III 段的整定时间。

- **故障类型**：选择待测试的故障类型，程序提供了 7 种故障：A 相接地、B 相接地、C 相接地、AB 相间、BC 相间、CA 相间、三相短路；
- **故障方向**：选择故障时的方向，“正向故障”，或，“反向故障”；

3/4　开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点 ；

- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置通过开出量发出一个信号；
- **保持时间**：开出量发信的持续时间，配合“开出量控制”使用；

4/4　计算模型：

- **计算模型**：程序提供了两种方式：“电流恒定”和“电压恒定”。

当测试项目为精工电流时，由于为电流型试验，程序只提供了“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。

✧ 电流恒定：即短路故障时，流经保护安装处的故障电流 If 恒定；

当测试项目为精工电压时，由于为电压型试验，程序只提供了“电压恒定”，即定电压（短路电压）方式。

✧ 电压恒定：即短路故障时，保护安装处的故障电压 Uf 恒定。此处

  ✧ 接地故障时，Uf 为各故障相的对地电压，

  ✧ 相间故障时，Uf 为故障相之间的相间电压。

- **额定电压**：保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；
- **频率**：电压、电流的输出频率，中国大陆地区为 50.0Hz；
- **补偿系数 K1**：短路阻抗 Z1 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；

✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = \left|K_l\right| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（K1）=0，K1 为一实数，通常$\left|K_l\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

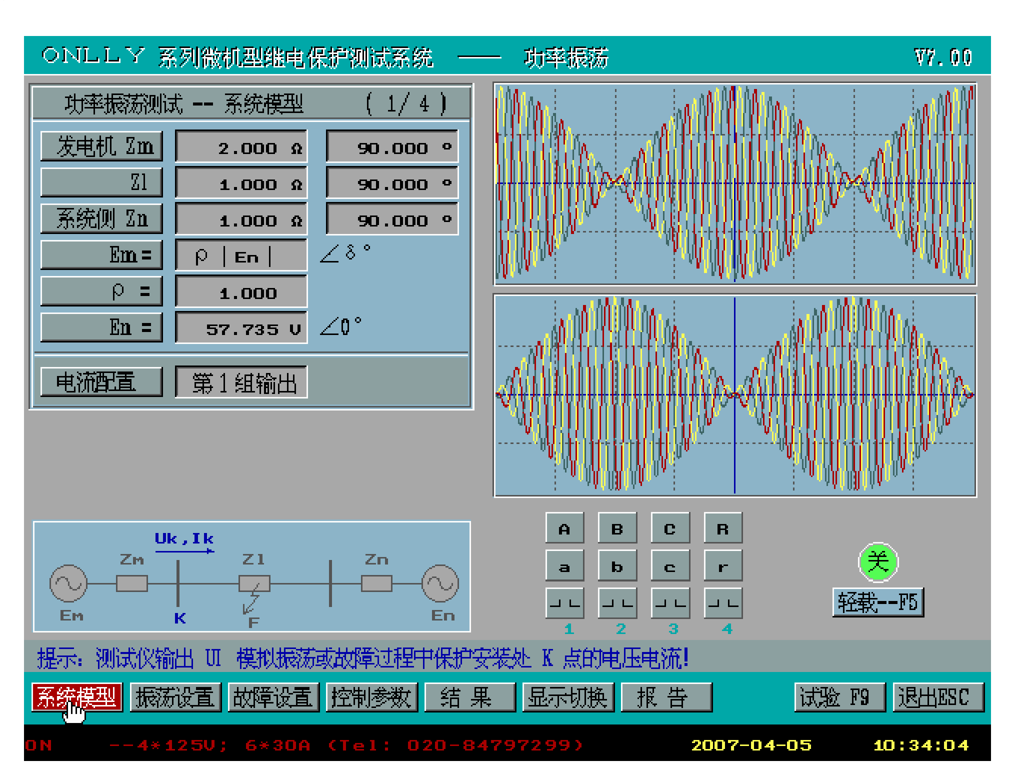
$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

§2-10 功率振荡

本菜单以单机对无穷大输电系统为模型，进行双端电源供电系统振荡模拟，主要用于测试发电机的失步保护、振荡解列装置等的动作特性，以及分析系统振荡对距离、零序等线路保护动作行为的影响等。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括系统模型，振荡设置，故障设置，以及控制参数；
- 右上区：振荡时保护安装处"K"点的电压电流及振荡阻抗显示区。根据"显示切换"的选择，程序提供了 5 种显示方式，包括波形图和振荡阻抗曲线；
- 右下区：试验控制显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

注："轻载—F5"按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **系统模型、振荡设置、故障设置、控制参数**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

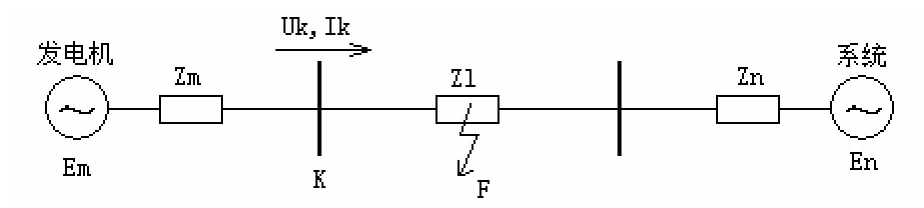
- **结果**：显示本次试验结果；
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示保护安装处“K”点的电压电流波形以及振荡阻抗曲线。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-10-1 基本原理

振荡模拟以双机系统为模型，如下图所示：



在系统振荡的模拟过程中，双端发电机电压幅值不变，取系统侧电压 En 角度为参考点，固定为 0°，发电机侧电压 Em 的角度 δ 振荡变化，程序自动计算振荡过程中 K 点处的三相电压、电流，通过测试仪输出到待测试的保护，观察并记录保护的工作特性。

§2-10-2 变量说明

1/4 系统模型：

- **发电机** Zm：模拟双端供电系统中的发电机侧阻抗；
- Z1：模拟双端供电系统中的线路阻抗；
- **系统侧** Zn：模拟双端供电系统中的系统侧阻抗；
- Em：模拟双端供电系统中的发电机侧电压，振荡过程中其电压幅值不变（Em 幅值为 En 幅值的 ρ 倍），角度 δ 振荡变化；
- ρ：发电机侧电压 Em 幅值对系统侧电压 En 幅值的倍数；
- En：模拟双端供电系统中的系统侧电压，振荡过程中其电压幅值不变，角度固定为 0°；
- **电流设置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

2/4 振荡设置：

- **振荡方式**：发电机侧电压 Em 角度δ的振荡变化方式，程序提供了 2 种方式，包括“失步振荡：δ角旋转”和“同步振荡：δ角摇摆”；
  - ✧ δ角旋转：功角δ从“振荡起始角”开始，在 0～360°内旋转变化；
  - ✧ δ角摇摆：功角δ从“振荡起始角”开始，在“振荡起始角”～“振荡终止角”之间摇摆变化；
- **振荡起始角、振荡终止角**：配合振荡方式，设置振荡的起始角和终止角；
- **振荡周期 Ts**：功角δ完成一次振荡（起始角→终止角→起始角）所需要的时间。该参数决定了电压、电流的幅值变化（即外包络线）频率。
- **频 率**：功角δ振荡过程中，电压、电流的输出频率，一般为 50Hz；

3/4 故障设置：

- **是否故障？**：设置系统振荡过程中是否发生故障；

（以下参数仅对“振荡中发生故障”有效）

- **故障时刻**：设置故障发生的时刻，以进入振荡为时间起始点 t=0；
- **故障类型**：程序提供了 10 种故障类型，包括：A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地以及三相短路。程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，按照电力系统理论计算出 A、B、C 三相的电压、电流；
- **短路阻抗**：设置短路点 F 到 K 点（保护安装处）的短路阻抗 Zf，极坐标形式：幅值，角度；
- **补偿系数** Kl：短路阻抗 Zl 的零序补偿系数，程序提供了 2 种设置方式；
  - ✧ 极坐标形式表示：幅值，角度

$$K_l = \frac{Z_{l0} - Z_{l1}}{3 * Z_{l1}} = \mathrm{Re}(K_l) + j\,\mathrm{Im}(K_l) = \left|K_l\right|\angle\varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等，则 Im（Kl）=0，Kl 为一实数，通常$\left|K_l\right|$取 0.667，角度φ为 0°。

  - ✧ 零序电阻补偿系数，零序电抗补偿系数：KR，KX

$$K_R = \frac{R_{l0} - R_{l1}}{3 * R_{l1}}, Kx = \frac{X_{l0} - X_{l1}}{3 * X_{l1}}$$

4/4 控制参数：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

- **开入接点 A**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 A 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 B**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 B 接点”，“三跳接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开入接点 C**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“跳 C 接点”，“三跳接点”，

或者“关闭”（即无效）；

- **开入接点 R**：根据与保护动作出口接点的连接，选择“重合接点”，或者“关闭”（即无效）；
- **开出量控制**：一旦试验进入故障状态，测试仪可以根据设置，通过开出量发出一个信号；
- **总试验限时**：从进入振荡开始试验到试验结束之间的时间限制；
- **跳闸延时**：模拟断路器的跳闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的跳闸信号，经过“跳闸延时”后，方进入跳闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪开入量直接连接断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；
- **合闸延时**：模拟断路器的合闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的合闸信号，经过“合闸延时”后，方进入合闸后的电压电流状态。（注：理论上，如果测试仪开入量直接连接断路器的“合位”接点，则合闸延时可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议取 0.02 秒，以保证三相可靠闭合）；

§2-11 差动保护

本菜单主要用于测试发电机、变压器、发变组以及电铁变压器等的差动保护的比例制动特性曲线和谐波制动特性等。

本菜单下包括 三个测试菜单：常规差动（分相差动试验，2 路电流）、扩展差动（三相差动试验，6 路电流）、电铁变压器差动（5 路电流）。

§2-11-1 常规差动（分相差动试验，2 路电流）



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 5 页显示，包括保护定义，试验接线，测试项目，控制参数，辅助电压设置；
- 右上区：试验结果显示区；
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **保护定义、试验接线、测试项目、控制参数、辅助电压：**此 5 项分别对应控制参数设置区的 5 页参数，光标移动到此 5 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，

按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **电流跟踪**：试验过程中，实时显示当前的动作搜索电流 Id 和制动电流 Ir，以及保护线圈 1、线圈 2 所分担的电流输入 I1、I2；
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

  本程序提供了 2 种查看报告的方式：文本方式和图形方式。其中文本方式用于查看试验结果的文字说明，图形方式用于更加直观地查看试验结果曲线；
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1) 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2) 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-11-1-1 基本原理

用户根据需要选取待测试的制动电流点 Ir，软件根据用户所设定的动作电流的搜索范围和搜索精度自动寻找该制动点下的动作电流 Id。

搜索过程分两步进行：

1．粗略扫描：从动作电流的搜索起点 Id0 开始，以 10%倍的 Ir 进行单向粗略扫描，一旦发现动作 Idm，则自动进入下一步的精确扫描；

2．精确扫描：从 Idm 开始，采用二分法进行精确扫描，直到满足搜索精度，则记录该 Ir 点下的最后一次动作电流 Id 作为边界点，结束扫描。

注：此处的动作指，动作接点的当前状态相对于初始状态发生变化。

§2-11-1-2 变量说明

控制页参数的设置包括 5 个部分：

保护定义 ----- 设置差动保护的保护类别，以及动作和制动方程；

试验接线 ----- 设置保护线圈 I1，I2 与测试仪的连接方式，以及 I1，I2 的频率和相位；

测试项目 ----- 设置所需要测试的制动电流点 Ir，以及每个 Ir 点下，动作电流 Id 的搜索方法；

控制参数 ----- 设置保护动作接点与测试仪开入量的连接方式，以及有关时间参数；

辅助电压 ----- 设置试验过程中 A、B、C 三相电压的输出；

1/5 保护定义：

- **保护类别**：选择所需测试的保护类别，程序提供了 4 种类别，包括：变压器保护、发变组保护、发电机保护、母差保护；

- **动作方程 Id**：测试项目为“比率制动”时，选择差动保护的动作方程，软件提供了常见的 3 种定义方式；
- **制动方程 Ir**：测试项目为“比率制动”时，选择差动保护的制动方程，软件提供了常见的 6 种定义方式；

  试验过程中，根据以上动作和制动方程的定义，结合当前制动电流 Ir 和正在搜索的动作电流 Id 大小，程序自动计算出 I1 和 I2 所应分摊的电流，由 I1 和 I2 输出。

注：I1、I2 电流的含义如下，

- ✧ 当 Id=I1,Ir=I2 时，适用于测试常规差动继电器，其中 I1、I2 分别代表保护动作线圈和制动线圈中的电流相量；
- ✧ 当 Id,Ir 设置为其他方程时，适用于测试微机差动保护，其中 I1，I2 分别代表保护一、二次侧绕组中的电流相量；

- K： 设置以上定义过程中，所涉及到的方程中的系数值；
- **I1 侧系数** KP1：I1 侧绕组电流 I1 所对应的修正系数（包含由相位补偿所导致的 $\sqrt{3}$ 以及ＣＴ变比的不平衡补偿），用户可以通过 KPi 辅助计算，由程序自动输入参数值，也可以根据需要另行输入参数值；
- **I2 侧系数** KP2：I2 侧绕组电流 I2 所对应的修正系数（包含由相位补偿所导致的 $\sqrt{3}$ 以及ＣＴ变比的不平衡补偿），用户可以通过 KPi 辅助计算，由程序自动输入参数值，也可以根据需要另行输入参数值；
- **KPi 辅助计算**：提供保护各侧绕组电流补偿系数 KP 的辅助计算；

（以下参数仅对保护类型为变压器保护和发变组保护有效）

- **变压器绕组数**：根据需要选择变压器绕组数：双绕组，或三绕组；
- **变压器接线**：根据需要选择变压器的接线方式，不同的接线方式决定了区外故障时，一、二次侧电流相位差的不同；
  - ✧ 双绕组时，程序提供了三种常见方式，包括：Y/Y-12，Y/△-11 和 Y/△-1；
  - ✧ 三绕组时，程序提供了五种常见方式，包括：Y/Y/Y-12，Y/Y/△-11，Y/Y/△-1，Y/△/△-11 和 Y/△/△-1；
- **相位校正方式**：根据需要选择相位校正方式：保护内部无校正、保护内部 Y 侧校正、保护内部△侧校正；
- **参与试验绕组**：选择参与本次试验的绕组；

2/5 试验接线：

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

- **I1 接测试仪**：I1 电流的输出方式，即从测试仪的某相电流输出；
- **相位**：I1 电流的输出相位角，一般默认取 0°；
- **I2 接测试仪**：I2 电流的输出方式，即从测试仪的某相电流输出；
- **相位**：I2 电流的输出相位角；

注：1）当测试项目为比率制动试验时，如果 Id 的定义为 $|I1+I2|$，则软件自动限定 I1 的角度为 0 度，I2 的角度为 180 度，即区外故障；

2）当测试项目为比率制动试验时，如果 Id 的定义为 $|I1-I2|$，则软件自动限定 I1 的角度为 0 度，I2 的角度为 0 度，即区外故障；

3）分相差动试验在进行比率制动试验时，对多绕组变压器的试验采取了简化方法

即：三绕变，三相 →简化：双绕变，三相

→简化：双绕变，A B C 分相试验

在此简化过程中，对 Y—△接线方式的变压器，为了消除分相试验时相互之间影响，应注意保护侧的接线方式；

3/5 测试项目：

- **测试项目**：可选择比率制动、谐波制动；
  - ✧ 比率制动：Ir 表示制动电流，Id 表示动作电流；
  - ✧ 谐波制动：Ixb 表示谐波制动电流，Id 表示基波动作电流；

-- 测试项目选择“比率差动”时，设置比率差动试验的相关参数；

- **Ir 变化范围**：需要进行测试的制动电流 Ir 的范围：起点，终点；
- **步长**：Ir 从起点出发，每隔一个步长选择一个制动点进行测试，即寻找该制动点下的动作电流；
- **Id 动作门槛**：保护的最小动作电流，此参数可以保证制动电流较小时，搜索范围仍然能够包含动作边界；
- **Id 速断定值**：差动速断保护的动作电流整定值；
- **搜寻起点**：动作电流搜索过程中，差流 Id 的搜索起点；
- **终点**：动作电流搜索过程中，差流 Id 的搜索终点；
- **搜索精度**：动作电流搜索过程中所允许的最小误差，同时也可视为搜索过程的收敛判据。程序提供的表达方式为“绝对误差”，无论制动电流 I1 的大小，动作电流 I2 的搜索允许误差相同。该方式可保证动作边界的绝对误差要求。一般取精度为 0.1A 左右。

-- 测试项目选择“谐波制动”时，设置谐波制动试验的相关参数；

- ✧ **Id 变化范围**：需要进行测试的基波动作电流 Id 的范围：起点，终点；
- ✧ **步长**：Id 从起点出发，每隔一个步长选择一个基波动作电流点进行测试，即寻找该基波动作电流点下的动作电流谐波 Ixb；

✧ **谐波次数**：选择需要测试的谐波次数以及谐波的角度，可选择二次谐波、…、十次谐波等；

✧ **施加侧**：谐波电流的施加侧，即谐波电流从测试仪的某侧输出；

✧ **搜寻起点**：动作电流搜索过程中，谐波的搜索起点，如果事先无法预知动作电流的大小，一般取 0%倍 Id；

✧ **终点**：动作电流搜索过程中，谐波的搜索终点，如果事先无法预知动作电流的大小，一般取 100%倍 Id；

✧ **搜索精度**：动作电流搜索过程中所允许的最小误差，同时也可视为搜索过程的收敛判据。程序提供的表达方式为“相对误差”，谐波的搜索允许误差为 Id 基波的百分数，其大小随 Id 而改变，该方式可保证动作边界的相对误差要求。一般取精度为 1~5%倍的 Id；

4/5 控制参数：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **故障前时间**：针对每一个制动电流点 Ir，在搜索动作电流的过程中，每次输出 Ir，Id 前的时间（其间，电流输出为 0，电压输出为辅助电压中所设置的电压），以保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒；
- **故障限时**：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，故障限时必须保证大于保护的动作时间。由于差动保护通常为速动，故一般取 0.5 秒；

注：如果继电器无法长时间通过大电流，建议在保证保护动作时延的前提下，尽可能地减小故障限时，延长故障前时间。

5/5 辅助电压：

- **辅助电压**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- A、B、C **相电压**：“辅助电压”选交流时，测试仪需要输出的 3 相交流电压，在整个试验过程中保持不变；
- **直流** Ubc：“辅助电压”选直流时，测试仪需要输出的直流电压，在整个试验过程中保持不变；

§2-11-2 扩展差动（三相差动试验，6 路电流）



1、 软件界面 ---- 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关介绍；

2、 基本原理 ---- 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关介绍；

3、 变量说明

1/5 保护定义：

参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关介绍；

2/5 试验接线：

- **I1 接测试仪**：I1 电流的输出方式，即从测试仪的某 3 相电流输出；
- **相位**：I1 电流的输出相位角，一般默认取 0°；
- **I2 接测试仪**：I2 电流的输出方式，即从测试仪的某 3 相电流输出；
- **相位**：I2 电流的输出相位角；

注：1）当测试项目为比率制动试验时，如果 Id 定义为方程 2，或，方程 3 时，则软件根据“变压器接线”自动确定区外故障时 I2 的电流相位（I1 固定为 0°）；

2）三相差动在进行比率制动试验时，对多绕组变压器的试验采取了简化方法，即：三绕变（三相）→简化：双绕变（三相），然后将测试仪的 6 路电流按照“I1 输出方式”和“I2 输出方式”中的设置直接接至保护相应的 6 路绕组。

3/5 测试项目：

- **测试相别**：选择需测试的相别，程序提供了 7 种方式，包括：A 相差动、B 相差动、C 相差动、AB 相差动、BC 相差动、CA 相差动、三相差动；

其他的变量说明参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

4/5 控制参数： 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

5/5 辅助电压： 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

§2-11-3 电铁变压器差动（5 路电流）



1、 软件界面 ---- 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关介绍；

2、 基本原理 ---- 参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关介绍；

3、 变量说明

1/5 保护定义：

- **变压器类别：**根据需要选择变压器类别：平衡变压器（阻抗匹配）、Y/△-11 变压器、V/V 变压器；
- **相位校正方式：**根据需要选择相位校正方式：保护内部无校正、保护内部 Y 侧校正；
- **参与试验绕组：**选择参与本次试验的绕组；
- **动作方程 Id：**测试项目为“比率制动”时，选择差动保护的动作方程，软件提供了常见的 2 种定义方式；
- **制动方程 Ir：**测试项目为“比率制动”时，选择差动保护的制动方程，软件提供了常见的 6 种定义方式；

  试验过程中，根据以上动作和制动方程的定义，结合当前制动电流 Ir 和正在搜索的动作电流 Id 大小，程序自动计算出 I1 和 I2 所应分摊的电流，由 I1 和 I2 输出。

注：I1、I2 电流的含义为，I1，I2 分别代表保护一、二次侧绕组中的电流相量；

- K： 设置以上定义过程中，所涉及到的方程中的系数值；
- **I1 侧系数** KP1：I1 侧绕组电流 I1 所对应的修正系数（包含由相位补偿所导致的 $\sqrt{3}$ 以及 C T 变比的不平衡补偿）；

- **I2 侧系数** KP2：I2 侧绕组电流 I2 所对应的修正系数（包含由相位补偿所导致的 $\sqrt{3}$ 以及 C T 变比的不平衡补偿）；
- **KP2 辅助说明**：KP2 用于描述低压侧 CT 二次电流向高压侧 CT 二次电流转换时的平衡系数；

2/5 试验接线：

- **I1 接测试仪**：I1 电流的输出方式，即从测试仪的某 3 相电流输出；
- **相位**：I1 电流的输出相位角，一般默认取 0°；
- **I2 接测试仪**：I2 电流的输出方式，即从测试仪的某 2 相电流输出；
- **相位**：I2 电流的输出相位角；

3/5 测试项目：

- **测试相别**：选择需测试的相别，程序提供了 7 种方式，包括：A 相差动、B 相差动、C 相差动、AB 相差动、BC 相差动、CA 相差动、三相差动；

其他的变量说明参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

4/5 控制参数：

参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

5/5 辅助电压：

参见《§2-11-1 **常规差动（分相差动试验，2 路电流）**》中的相关说明；

§2-12 自动准同期

测试同期继电器或自动准同期装置的动作电压、动作频率和导前角（导前时间）等，也可以进行自动调整试验。



主界面分为四个区域：

- 左上区：系统侧电压 Vs、待并侧电压 Vg 设置区，实时显示、修改系统侧电压 Vs、待并侧电压 Vg 的幅值、角度，以及各自的输出频率 fs、fg；
- 左下区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 3 页显示，包括测试项目、开关量、电压设置；
- 右上区：同步试验的辅助显示区，分别以同步窗和同步表的方式实时显示系统侧和待并侧之间的电压幅值差、频率差和角度差；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的测试项目、试验控制方式、开入/开出量状态、试验结果等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **测试项目、开关量、电压设置：** 此 3 项分别对应控制参数设置区的 3 页参数，光标移动到此 3 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区和电压设置区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：本次试验结束后，显示试验的结果，包括系统侧和待并侧各自的电压、频率、角度，二者之间的差额，以及导前角和导前时间。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-12-1 基本原理

本试验中，系统侧电压 Vs 和待并侧电压 Vg 的接线方式可以在“电压设置”控制参数页中进行设置，一般默认：系统侧 Vs 接测试仪 Ua，待并侧 Vg 接测试仪 Ub。

程序提供了 4 个项目的测试，包括动作电压、动作频率、动作角度，以及自动调整试验。整个测试过程中，系统侧电压 Vs 和频率 fs 保持不变，程序根据测试项目的不同不断调整待并侧变量的大小。

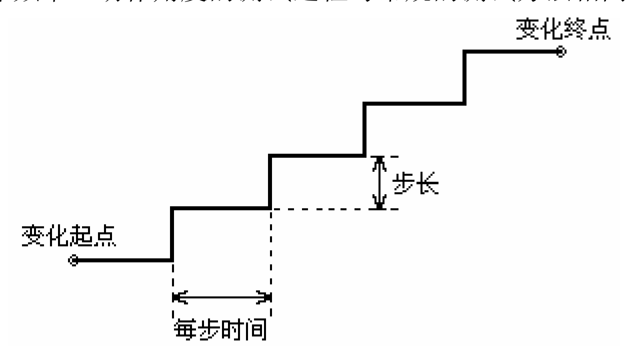
为了避免相互之间的影响，一般地，

✧ 测试“动作电压”时，待并侧的频率、角度和系统侧保持相同；

✧ 测试“动作频率”时，待并侧的电压和系统侧保持相同；

✧ 测试“动作角度”时，待并侧的电压、频率和系统侧保持相同；

动作电压、动作频率、动作角度的测试过程与常规的测试方法相同，如下图所示：



自动调整试验的测试过程稍有不同，即测试仪不断地检测同期装置的调速、调压信号，根据同期装置的指令增加或减小待并侧电压的频率、幅值，以闭环的方式完成自动调整试验。（注：自动调整试验时，同期装置的↑f、↓f、↑V、↓V 信号和 ONLLY 测试仪的连接方式见控制参数中“开关量”一页中的说明！）

§2-12-2 变量说明

1/3 测试项目：

- **测试项目**：根据试验目的选择测试项目，程序提供了 4 种测试项目，包括：动作电压、动作频率、动作角度的测试，以及自动调整试验；
- **当前变量**：程序根据测试项目的选择，自动确定试验过程中的变化量。如：动作电压测试时，当前变量为待并侧电压 Vg 的幅值；动作频率测试时，当前变量为待并侧电压的频率 fg，等等；
- **程控/手控**：选择试验过程的控制方式，
  - ✧ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的干预仅限于通过 Esc 键中止试验。
  - ✧ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 “+”、“-”键增加、减小当前变量值等。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等。
- **变化起点**：当前变量的变化起点
- **终点**：当前变量的变化终点；

注：变化范围的起点可以大于终点，也可以小于终点，但必须能覆盖继电器的动作值；

- **变化步长**：当前变量的变化步长应根据测试的要求选择合适的大小，一般地，步长越小，测试精度越高。
- **每步时间**：当前变量按步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作时间。

2/3 开关量：

- **动作接点**：程序已固定为 R 接点，即测试仪的开入接点 R 连接被测试继电器出口接点，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

（以下参数在“测试项目”为自动调整试验时有效）

- **开入接点 A**：增速↑f，即，自动调整试验时，测试仪的开入接点 A 连接同期装置的增速信号接点；
- **开入接点 a**：减速↓f，即，自动调整试验时，测试仪的开入接点 a 连接同期装置的减速信号接点；
- **开入接点 B**：增压↑V，即，自动调整试验时，测试仪的开入接点 B 连接同期装置

的增压信号接点；

- **开入接点 b**：减压↓V，即，自动调整试验时，测试仪的开入接点 b 连接同期装置的减压信号接点；
- **调速步长**：自动调整试验时，每接收到一次调速信号，待并侧频率的改变量；
- **调压步长**：自动调整试验时，每接收到一次调压信号，待并侧电压的改变量；

3/3 电压设置： 设置右上区图形中同步窗口的大小，以及相关的电压输出方式；

- +ΔV：同步窗口的正压差；
- -ΔV：同步窗口的负压差；
- +Δf：同步窗口的正频差；
- -Δf：同步窗口的负频差；
- **系统侧 Vs**：设置系统侧电压的接线方式，接测试仪的 Ua 或 Uab；
- **待并侧 Vg**：设置待并侧电压的接线方式，接测试仪的 Ub 或 Ucx；
- **系统应转角**：系统侧 TV 二次电压应转角是为取代转角变压器而设的功能，是对并列点系统侧 TV 二次电压进行转角设置；

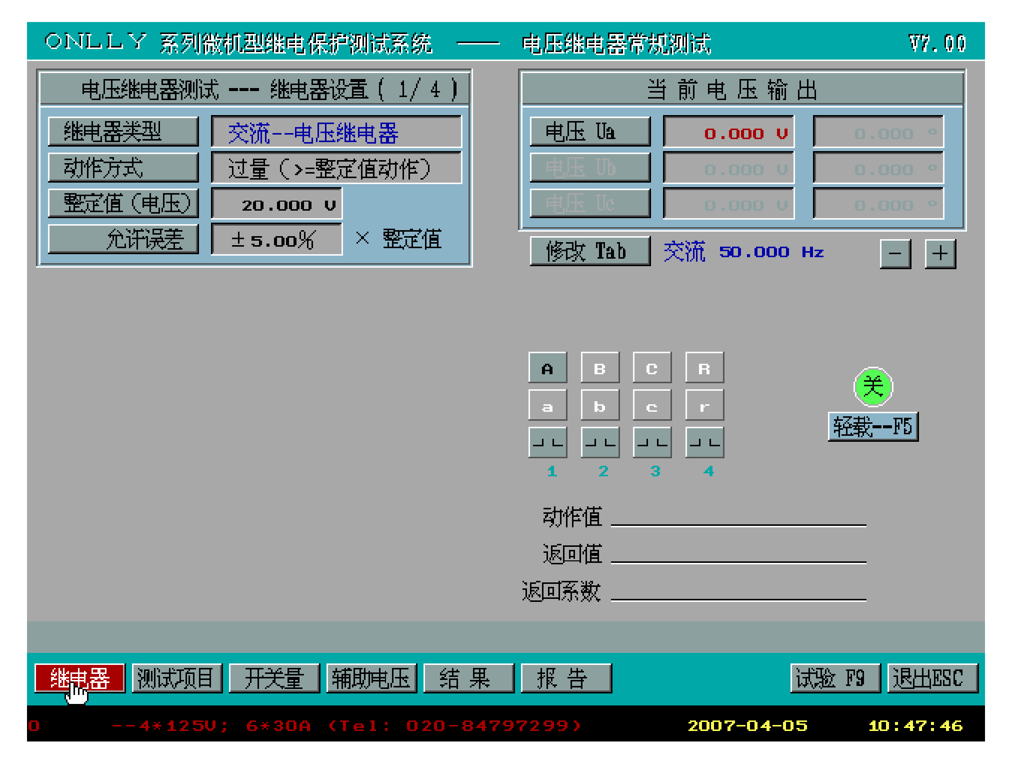
§2-13 常规继电器测试

本菜单主要用于进行单个常规继电器（如电压、电流、功率方向…，时间、中间及信号继电器等）元件测试，可以完成动作值、返回值、灵敏角以及动作时间等的测试。

本菜单下包括七个测试菜单：电压继电器、电流继电器、功率方向继电器、阻抗继电器、差动继电器、中间及信号继电器、时间继电器。

§2-13-1 电压继电器

本菜单主要用于测试交、直流电压继电器的动作值、返回值、返回系数以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电压设置区，实时显示、修改当前电压输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。

- ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
- ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数等。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

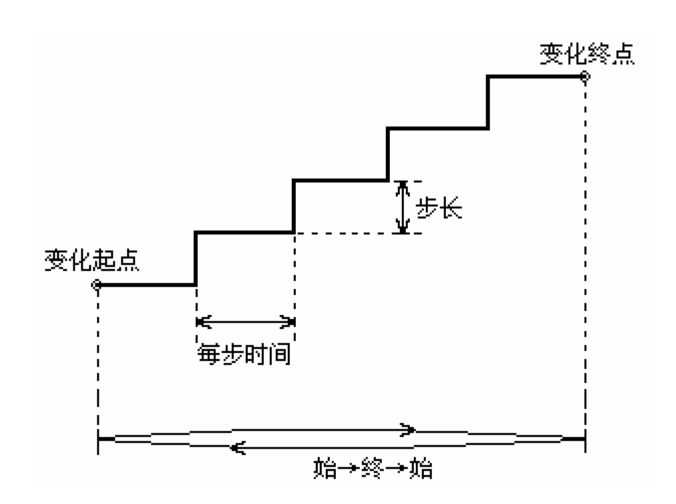
§2-13-1-1 基本原理

- 手动试验：

手动控制，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前电压的大小，也可以直接输入电压的幅值，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 动作/返回值测试：

程控方式，变量电压的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，变量电压从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

§2-13-1-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：选择待测试电压继电器的类型，程序提供了 5 种常见的电压继电器类型，包括“直流--电压继电器”、“交流--电压继电器”、“正序（线）电压继电器”、“负序（线）电压继电器”、“零序电压继电器”；
- **动作方式**：选择待测试电压继电器的动作方式，程序提供了 2 种方式，包括：“过量（>=整定值动作）”、“欠量（<=整定值动作）”
- **整定值（电压）**：设置待测试电压继电器的电压整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 3 种测试项目，包括：“手动试验”、“动作/返回值”、“动作时间”；
- **U 输出方式**：试验过程中，选择电压 U 的输出方式，程序提供了 3 种方式，包括：“电压 Ua”、“电压 Ub”、“电压 Uab”；
- **频率**：交流电压的输出频率（此参数仅对交流电压继电器有效）；

-- 测试项目选择“手动试验”时，设置手动试验的有关参数；

- ✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；

-- 测试项目选择“动作/返回值”时，设置动作值试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **变化起点**：电压变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：电压变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：电压按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：电压的返回方式，
- ✧ “动作返回”时，电压在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电压的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，电压仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“动作时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，

当前电压输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）;

- ✧ **故障前：时间**：故障前状态的输出时间；
- ✧ **电压**：故障前时间里的输出电压；
- ✧ **故障： 限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ **电压**：故障中的输出电压，程序提供的表达方式为：n 倍整定值；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

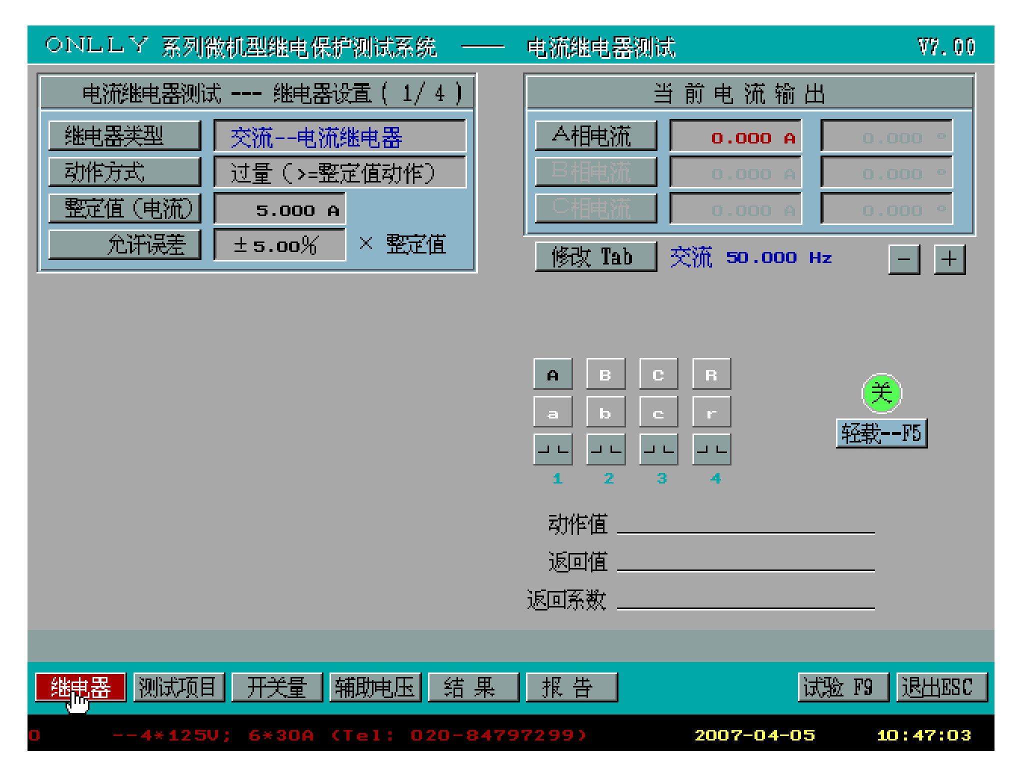
4/4 辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

（ 注：Ucx 为直流时 Uc(+),Ux(-) ）

§2-13-2 电流继电器

本菜单主要用于测试交、直流电流继电器的动作值、返回值、返回系数以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电流设置区，实时显示、修改当前电流输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注："轻载—F5"按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压：**此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果：**显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数等。
- **报告：**查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5

个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

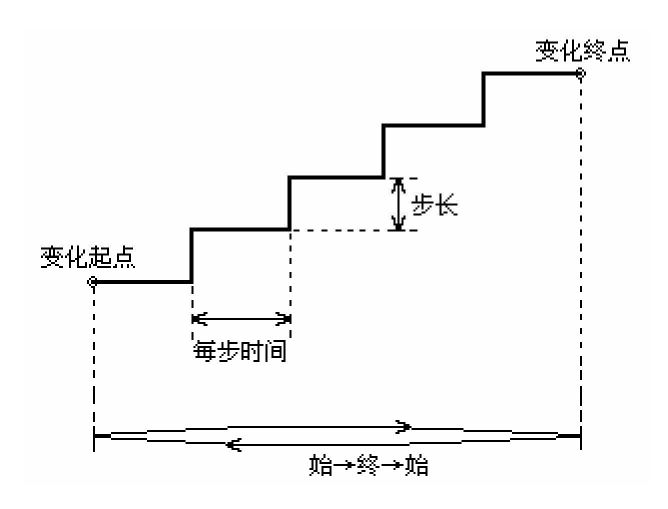
§2-13-2-1 基本原理

- 手动试验：

手动控制，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前电流的大小，也可以直接输入电流的幅值，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 动作/返回值测试：

程控方式，变量电流的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，变量电流从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

§2-13-2-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：选择待测试电流继电器的类型，程序提供了 3 种常见的电流继电器类型，包括“直流--电流继电器”、“交流--电流继电器”、“负序电流继电器”；
- **动作方式**：选择待测试电流继电器的动作方式，程序提供了 2 种方式，包括：“过量（>=整定值动作）”、“欠量（<=整定值动作）”

- **整定值（电流）**：设置待测试电流继电器的电流整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 3 种测试项目，包括："手动试验"、"动作/返回值"、"动作时间"；
- **I 输出方式**：试验过程中，选择电流 I 的输出方式，程序提供了 7 种方式，包括："A 相电流"、"B 相电流"、"C 相电流"、"AB 电流两并"、"BC 电流两并"、"CA 电流两并"、"ABC 电流三并"；
- **频率**：交流电流的输出频率（此参数仅对交流电流继电器有效）；
- **电流配置**：本选项用于选择测试仪侧 ABC 三相电流的输出方法，可选择"第 12 组并联"、"第 1 组输出"或"第 2 组输出"。

-- 测试项目选择"手动试验"时，设置手动试验的有关参数；

✧ **步长**：试验过程中，电流 I 的每次变化步长；

-- 测试项目选择"动作/返回值"时，设置动作值试验的有关参数；

✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；

✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；

✧ **变化起点**：电流变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；

✧ **变化终点**：电流变化的终点；

✧ **步长**：试验过程中，电流 I 的每次变化步长；

✧ **每步时间**：电流按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。

✧ **返回方式**：电流的返回方式，

✧ "动作返回"时，电流在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电流的变化方向，向起点返回。

✧ "全程变化"时，无论继电器动作与否，电流仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择"动作时间"时，设置"故障前"和"故障"的相关参数；

✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；

✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；

✧ **故障前**：**时间**：故障前状态的输出时间；

✧ **电流**：故障前时间里的输出电流；

- ✧ **故障：** **限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ **电流**：故障中的输出电流，程序提供的表达方式为：n 倍整定值；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

（ 注：Ucx 为直流时 Uc(+),Ux(-) ）

§2-13-3 功率方向继电器

本菜单主要用于测试功率方向继电器的动作值、返回值、返回系数、灵敏角以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电压、电流设置区，实时显示、修改当前电压、电流输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间、灵敏角以及返回系数等。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

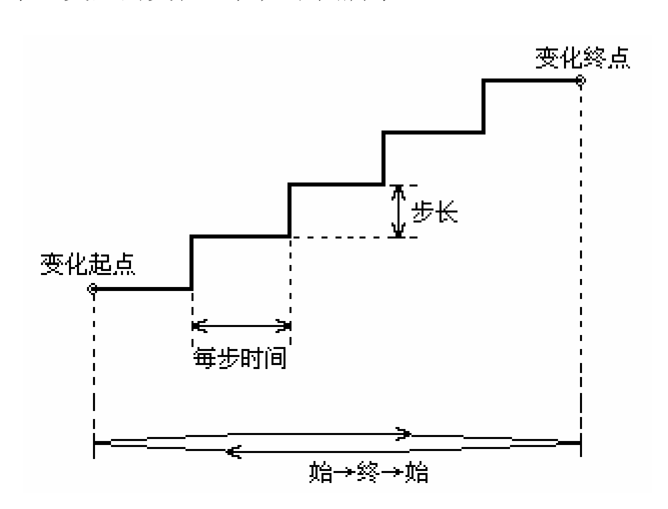
§2-13-3-1 基本原理

- 手动试验：

手动控制，根据当前变量的选择，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前变量的大小，也可以直接输入各变量的值，包括幅值、角度等，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 程控试验：

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，各变量从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

§2-13-3-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：选择待测试功率方向继电器的类型，程序提供了 4 种常见的功率方向

继电器类型，包括“功率继电器”、“负序功率继电器”、“零序功率继电器”、“逆功率继电器”；

(注：负序功率继电器接线说明如下：采用单相法试验---继电器电压：以模拟 BC 两相短路为例，先短接 BC 两相，在 A 相与 BC 相之间加电压；继电器电流：B 进 C 出)

- **额定电压 Un**：功率继电器的额定电压；
- **额定电流 In**：功率继电器的额定电流；
- **整定值:灵敏角**：设置待测试功率方向继电器的灵敏角整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 5 种测试项目，包括：“手动试验”、“最大灵敏角”、“最小动作电压”、“最小动作电流”、“动作时间”；
- **U，I 输出方式**：试验过程中，选择电压 U、电流 I 的输出方式，程序提供了 2 种方式，包括：“Ua∠ψ，Ia” “Ub∠ψ，Ib”；
- **频率**：交流电压电流的输出频率；

-- 测试项目选择“手动试验”时，设置手动试验的有关参数；

 ✧ **当前变量**：试验过程中，选择当前需要变化的变量，程序提供了 3 种变量，包括：电压 U、电流 I、电压角 ψ；
 ✧ **步长**：试验过程中，所选择“当前变量”的每次变化步长；

-- 测试项目选择“最大灵敏角”时，设置最大灵敏角试验的有关参数；

 ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
 ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
 ✧ **当前变量**：试验过程中，当前变量固定为电压角 ψ；
 ✧ **变化起点**：电压角 ψ 变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
 ✧ **变化终点**：电压角 ψ 变化的终点；
 ✧ **步长**：试验过程中，电压角 ψ 的每次变化步长；
 ✧ **每步时间**：电压角 ψ 按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
 ✧ **返回方式**：电压角 ψ 的返回方式固定为全程变化，“全程变化”时，无论继电器动作与否，电压角 ψ 仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“最小动作电压”时，设置最小动作电压试验的有关参数；

 ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；

- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，当前变量固定为电压 U；
- ✧ **变化起点**：电压 U 变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：电压 U 变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：电压 U 按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：电压 U 的返回方式，
- ✧ “动作返回”时，电压 U 在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电压 U 的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，电压 U 仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“最小动作电流”时，设置最小动作电流试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，当前变量固定为电流 I；
- ✧ **变化起点**：电流 I 变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：电流 I 变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，电流 I 的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：电流 I 按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：电流 I 的返回方式，
- ✧ “动作返回”时，电流 I 在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电流 I 的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，电流 I 仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“动作时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **故障前：时间**：故障前状态的输出时间；

- ✧ **电压**：故障前时间里的输出电压；
- ✧ **电压角**：故障前时间里的输出电压的角度
- ✧ **电流**：故障前时间里的输出电流；
- ✧ **故障：** **限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ **电压**：故障中的输出电压；
- ✧ **电压角**：故障中的输出电压的角度
- ✧ **电流**：故障中的输出电流；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

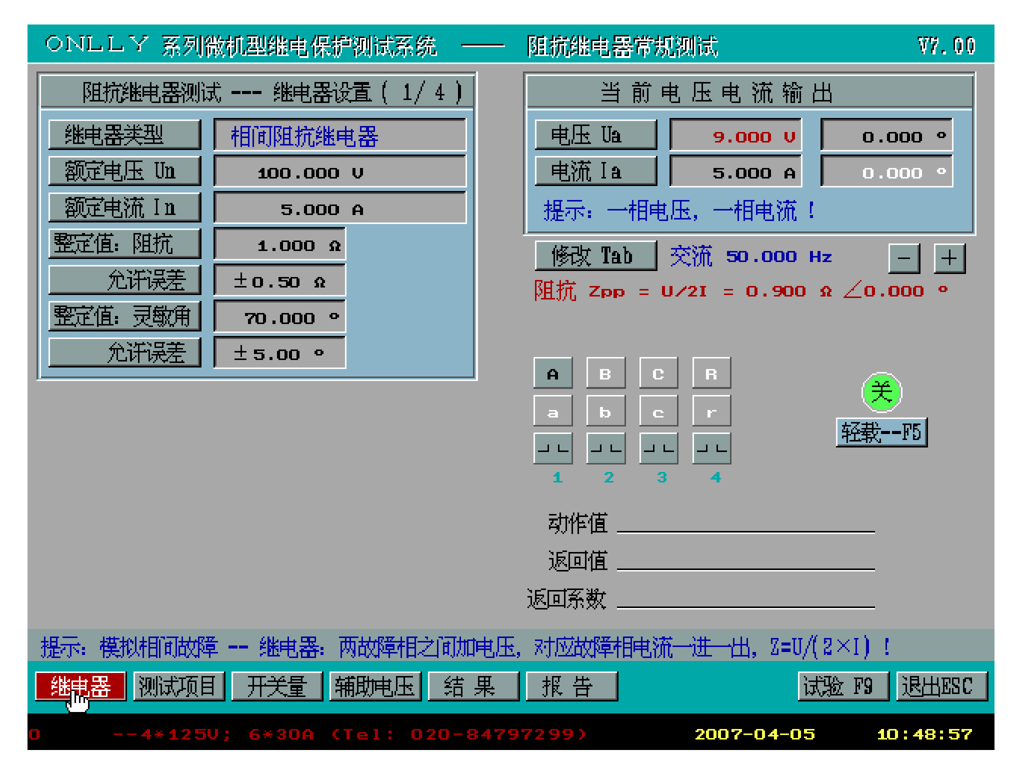
  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

§2-13-4 阻抗继电器

本菜单主要用于测试阻抗继电器的动作值、返回值、灵敏角以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电压、电流设置区，实时显示、修改当前电压、电流输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间、灵敏角以及返

回系数等。

- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

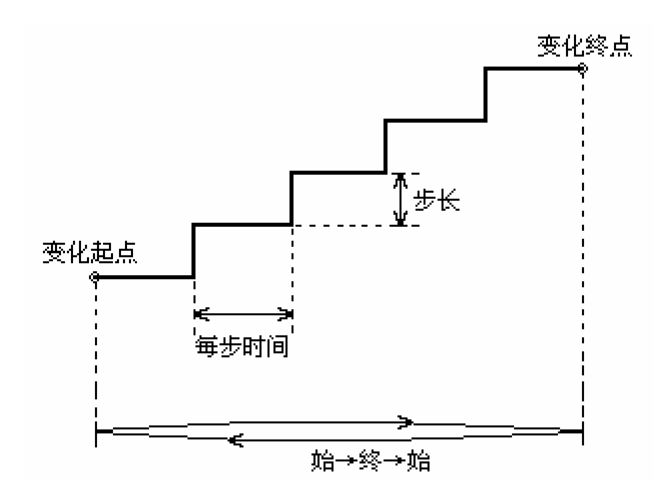
§2-13-4-1 基本原理

- 手动试验：

手动控制，根据当前变量的选择，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前变量的大小，也可以直接输入各变量的值，包括幅值、角度等，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 程控试验：

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，各变量从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

- 记忆时间测试：

程控方式，各变量从故障前状态翻转到故障状态后，当“动作接点”的状态发生翻转才开始计时，直到“动作接点”的状态再次发生翻转才停时。

§2-13-4-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：选择待测试阻抗继电器的类型，程序提供了 2 种常见的阻抗继电器类型，包括“单相阻抗继电器”、“相间阻抗继电器”；
- **额定电压 Un**：功率继电器的额定电压；
- **额定电流 In**：功率继电器的额定电流；
- **整定值:阻抗**：设置待测试阻抗继电器的阻抗整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；
- **整定值:灵敏角**：设置待测试功率方向继电器的灵敏角整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 5 种测试项目，包括：“手动试验”、“最大灵敏角”、“动作阻抗”、“动作时间”、“记忆时间”；
- U，I **输出方式**：试验过程中，选择电压 U、电流 I 的输出方式，程序提供了 2 种方式，包括：“Ua∠ψ，Ia” “Ub∠ψ，Ib”；
- **频率**：交流电压电流的输出频率；

-- 测试项目选择“手动试验”时，设置手动试验的有关参数；

- ✧ **当前变量**：试验过程中，选择当前需要变化的变量，程序提供了 3 种变量，包括：电压 U、电流 I、电压角ψ；
- ✧ **步长**：试验过程中，所选择“当前变量”的每次变化步长；

-- 测试项目选择“最大灵敏角”时，设置最大灵敏角试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，当前变量固定为电压角ψ；
- ✧ **变化起点**：电压角ψ变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：电压角ψ变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，电压角ψ的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：电压角ψ按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：电压角ψ的返回方式固定为全程变化，“全程变化”时，无论继电器动作与否，电压角ψ仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返

回到起点。

-- 测试项目选择“动作阻抗”时，设置动作阻抗试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，当前变量固定为电压 U；
- ✧ **变化起点**：电压 U 变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：电压 U 变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：电压 U 按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：电压 U 的返回方式，
- ✧ “动作返回”时，电压 U 在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电压 U 的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，电压 U 仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“动作时间/记忆时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **故障前**：**时间**：故障前状态的输出时间；
- ✧ **电压**：故障前时间里的输出电压；
- ✧ **电压角**：故障前时间里的输出电压的角度
- ✧ **电流**：故障前时间里的输出电流；
- ✧ **故障**： **限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ **电压**：故障中的输出电压；
- ✧ **电压角**：故障中的输出电压的角度
- ✧ **电流**：故障中的输出电流；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

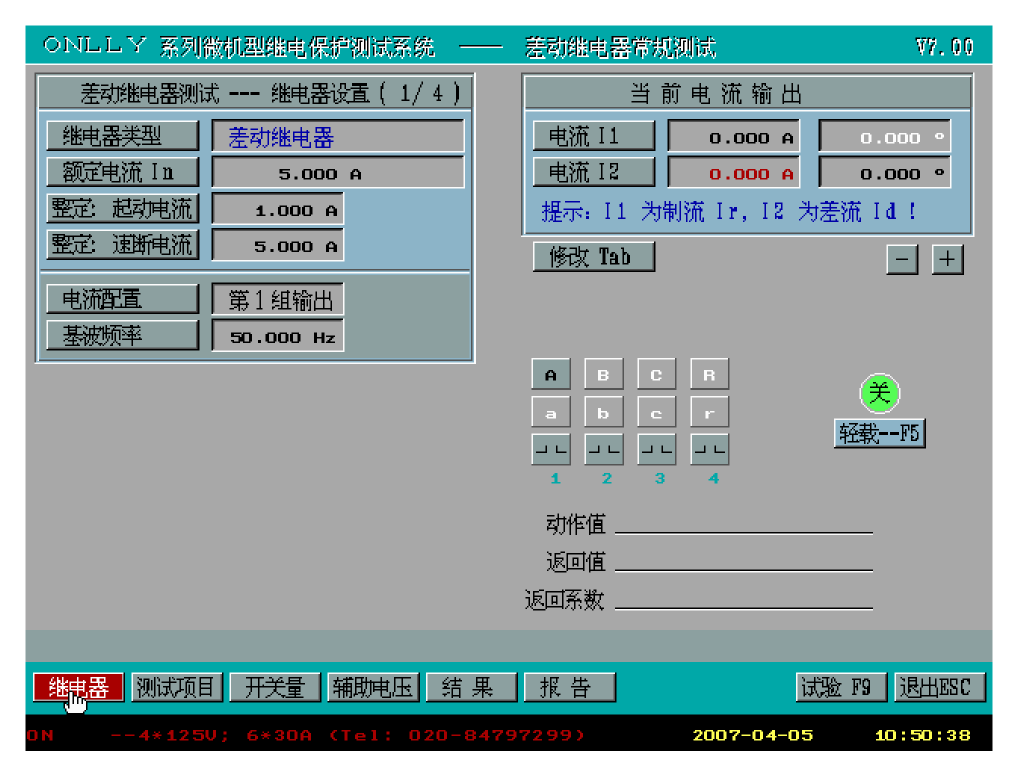
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4　辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

§2-13-5 差动继电器

本菜单主要用于测试差动继电器的动作值、动作时间以及动作特性曲线等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电流设置区，实时显示、修改当前电流输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及动作特性曲线等。

- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

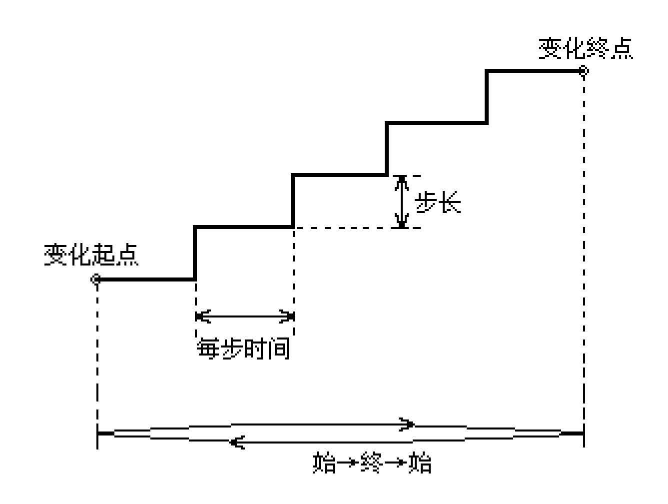
§2-13-5-1 基本原理

- 手动试验：

手动控制，根据当前变量的选择，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前变量的大小，也可以直接输入各变量的值，包括幅值、角度等，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 动作电流测试：

程控测试过程中，变量的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，各变量从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

- 动作曲线测试：

用户根据需要选取待测试的制动电流点 Ir，软件根据用户所设定的动作电流的搜索范围和搜索精度自动寻找该制动点下的动作电流 Id。

搜索过程分两步进行：

1．粗略扫描：从动作电流的搜索起点 Id0 开始，以 10%倍的 Ir 进行单向粗略扫描，一旦发现动作 Idm，则自动进入下一步的精确扫描；
2．精确扫描：从 Idm 开始，采用二分法进行精确扫描，直到满足搜索精度，则记录该

Ir 点下的最后一次动作电流 Id 作为边界点，结束扫描。

注：此处的动作指，动作接点的当前状态相对于初始状态发生变化。

§2-13-5-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：差动继电器
- **额定电流 In**：差动继电器的额定电流；
- **整定:起动电流**：设置待测试差动继电器的起动电流整定值；
- **整定:速断电流**：设置待测试差动继电器的速断电流整定值；
- **电流配置**：本选项用于选择测试仪侧 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。
- **基波频率**：设置测试仪的电流输出的基波频率；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 6 种测试项目，包括：“手动试验”、“动作电流”、“动作时间”、“比率差动特性曲线”、“谐波制动系数”、“直流助磁特性”；
- **I1 输出方式**：I1 电流的输出方式，即从测试仪的某相电流输出；
- **频率次数**：I1 电流的输出频率，可选择直流、基波、二次谐波、...、十次谐波等；
- **I2 输出方式**：I2 电流的输出方式，即从测试仪的某相电流输出；
- **频率次数**：I2 电流的输出频率，可选择直流、基波、二次谐波、...、十次谐波等；

-- 测试项目选择“手动试验”时，设置手动试验的有关参数；

- ✧ **I2 步长**：试验过程中，I2 电流的每次变化步长；

-- 测试项目选择“动作电流”时，设置动作电流试验的有关参数；

- ✧ **I2 变化起点**：I2 电流变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **I2 变化终点**：I2 电流变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，I2 电流的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：I2 电流按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：I2 电流的返回方式固定为动作返回，“动作返回”时，I2 电流在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变 I2 电流的变化方向，向起点返回。

-- 测试项目选择“动作时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

- ✧ **故障前：时间**：故障前状态的输出时间；
- ✧ **I1 幅值**：故障前时间里的 I1 输出电流；

- ✧ **I2 幅值**：故障前时间里的 I2 输出电流；
- ✧ **I2 角度**：故障前时间里 I2 电流的输出角度；
- ✧ **故障： 限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ **I1 幅值**：故障中的 I1 输出电流；
- ✧ **I2 幅值**：故障中的 I2 输出电流；
- ✧ **I2 角度**：故障中 I2 电流的输出角度；

-- 测试项目选择“比率差动特性曲线”时，设置比率差动特性曲线试验的相关参数；

- ✧ **I1 变化起点**：I1 电流变化的起点，即需要进行测试的制动电流 I1 的变化起点；
- ✧ **变化终点**：I1 电流变化的终点，即需要进行测试的制动电流 I1 的变化起点；
- ✧ **步长**：试验过程中，I1 电流的每次变化步长，即制动电流 I1 从起点出发，每隔一个步长选择一个制动点进行测试，寻找该制动点下的动作电流；
- ✧ **I2 搜寻起点**：动作电流搜索过程中，动作电流 I2 的搜索起点；
- ✧ **终点**：动作电流搜索过程中，动作电流 I2 的搜索终点；
- ✧ **搜索精度**：动作电流搜索过程中所允许的最小误差，同时也可视为搜索过程的收敛判据。程序提供的表达方式为“绝对误差”，无论制动电流 I1 的大小，动作电流 I2 的搜索允许误差相同。该方式可保证动作边界的绝对误差要求。一般取精度为 0.1A 左右。
- ✧ **故障前时间**：针对每一个制动电流点 I1，在搜索动作电流的过程中，每次输出 I1，I2 前的时间（其间，电流输出为 0，电压输出为辅助电压中所设置的电压），以保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒；
- ✧ **故障限时**：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，故障限时必须保证大于保护的动作时间。由于差动保护通常为速动，故一般取 0.5 秒；

-- 测试项目选择“谐波制动系数”时，设置谐波制动系数试验的相关参数；

- ✧ **I1 变化起点**：I1 基波变化的起点，即需要进行测试的 I1 基波的变化起点；
- ✧ **变化终点**：I1 基波变化的终点，即需要进行测试的 I1 基波的变化起点；
- ✧ **步长**：试验过程中，I1 基波的每次变化步长，即 I1 基波从起点出发，每隔一个步长选择一个基波点进行测试，寻找该基波点下的动作电流谐波 I2；
- ✧ **I2 搜寻起点**：动作电流搜索过程中，I2 谐波的搜索起点，如果事先无法预知动作电流的大小，一般取 0%倍 I1；
- ✧ **终点**：动作电流搜索过程中，I2 谐波的搜索终点，如果事先无法预知动作电流的大小，一般取 100%倍 I1；
- ✧ **搜索精度**：动作电流搜索过程中所允许的最小误差，同时也可视为搜索过程的收敛判据。程序提供的表达方式为“相对误差”，I2 谐波的搜索允许误差为 I1 基波的百分数，其大小随 I1 而改变，该方式可保证动作边界的相对误差要求。一般取精度为 1~5%倍的 I1；

- ✧ **故障前时间**：针对每一个 I1 基波点，在搜索动作电流 I2 谐波的过程中，每次输出 I1，I2 前的时间（其间，电流输出为 0，电压输出为辅助电压中所设置的电压），以保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒；
- ✧ **故障限时**：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，故障限时必须保证大于保护的动作时间。由于差动保护通常为速动，故一般取 0.5 秒；

-- 测试项目选择“直流助磁特性”时，设置直流助磁特性试验的相关参数；

- ✧ **I1 变化起点**：I1 直流变化的起点；
- ✧ **变化终点**：I1 直流变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，I1 直流的每次变化步长，即 I1 直流从起点出发，每隔一个步长选择一个直流点进行测试，寻找该直流点下的动作电流；
- ✧ **I2 搜寻起点**：动作电流搜索过程中，动作电流 I2 的搜索起点；
- ✧ **终点**：动作电流搜索过程中，动作电流 I2 的搜索终点；
- ✧ **搜索精度**：动作电流搜索过程中所允许的最小误差，同时也可视为搜索过程的收敛判据。程序提供的表达方式为“绝对误差”，无论 I1 直流的大小，动作电流 I2 的搜索允许误差相同。该方式可保证动作边界的绝对误差要求。一般取精度为 0.1A 左右。
- ✧ **故障前时间**：针对每一个直流点 I1，在搜索动作电流的过程中，每次输出 I1，I2 前的时间（其间，电流输出为 0，电压输出为辅助电压中所设置的电压），以保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒；
- ✧ **故障限时**：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，故障限时必须保证大于保护的动作时间。由于差动保护通常为速动，故一般取 0.5 秒；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

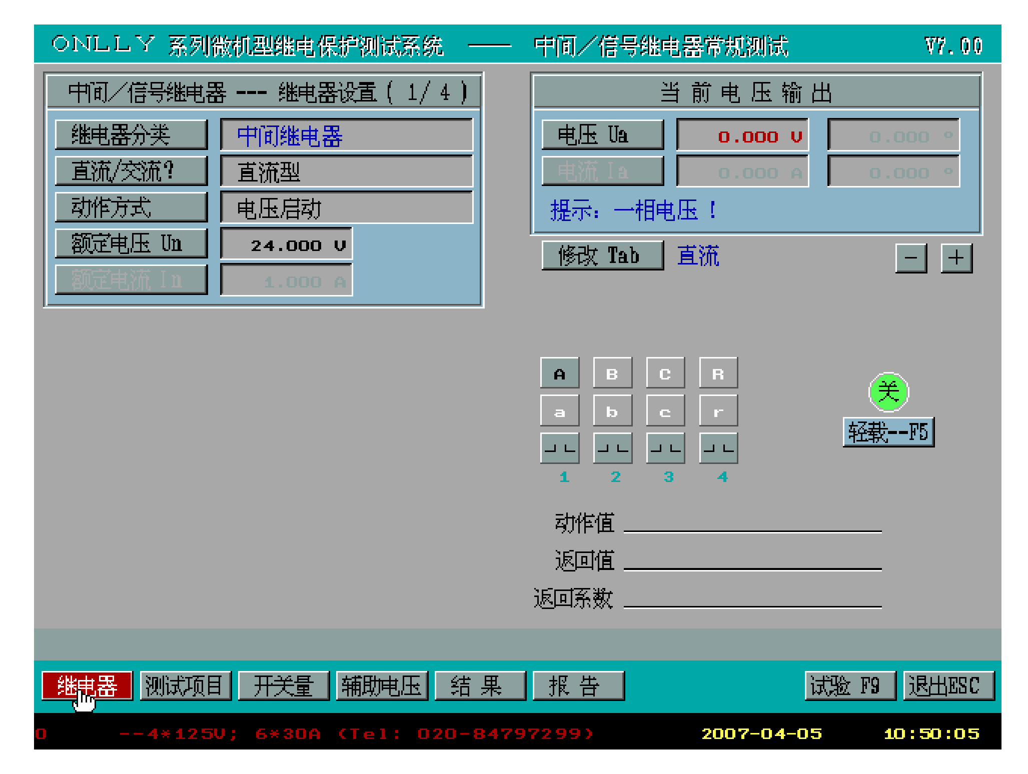
  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

§2-13-6　中间及信号继电器

本菜单主要用于测试中间及信号继电器的动作值、返回值、返回系数以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电压、电流设置区，实时显示、修改当前电压、电流输出的幅值；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注："轻载—F5"按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数等。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5

个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

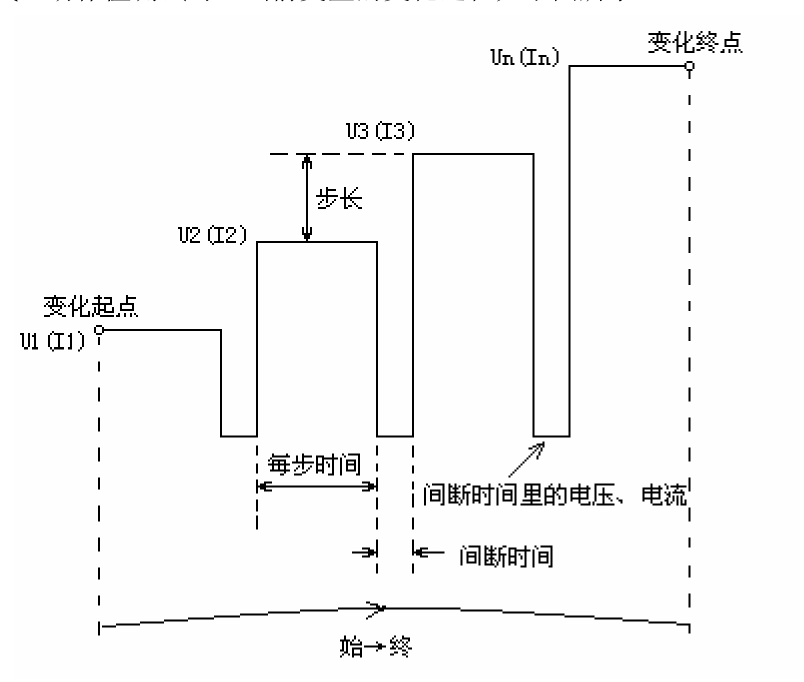
§2-13-6-1 基本原理

- 手动试验：

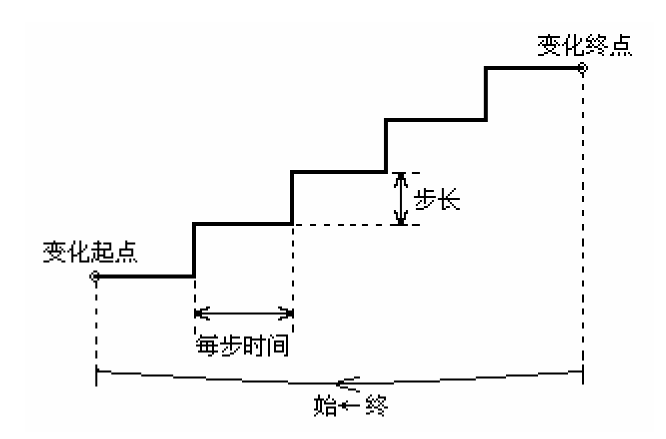
手动控制，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前变量的大小，也可以直接输入当前变量的幅值，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 动作/返回值测试：

程控方式，动作值测试时，当前变量的变化过程如下图所示：

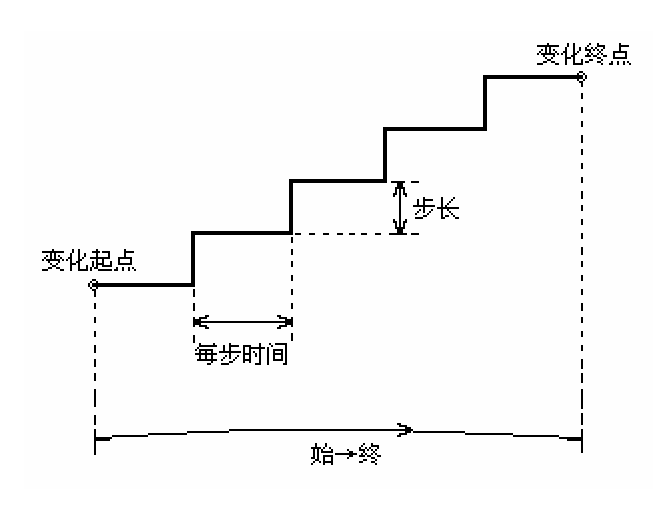


程控方式，返回值测试时，当前变量的变化过程如下图所示：



- 保持线圈—保持值测试：

程控方式，动作值测试时，当前变量的变化过程如下图所示：



- 时间测试：

程控方式，变量电压从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

§2-13-6-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**:选择待测试继电器的类型,程序提供了 2 种常见继电器类型,包括“中间继电器”、“信号继电器”;
- **直流/交流**？：选择待测试继电器的类型：直流，或交流；
- **动作方式**：选择待测试继电器的动作方式，程序提供了 4 种方式，包括：“电压启动”、“电流启动”、“电压启动，电流保持”、“电流启动，电压保持”;
- **额定电压** Un：中间/信号继电器的额定电压；
- **额定电流** In：中间/信号继电器的额定电流；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 5 种测试项目，包括：“手动试验”、“动作/返回值”、“保持线圈—保持值”、“动作时间”、“返回时间”;

- **U 输出方式**：试验过程中，选择电压 U 的输出方式，程序提供了 3 种方式，包括："电压 Ua"、"电压 Ub"、"电压 Uab"；
- **I 输出方式**：试验过程中，选择电流 I 的输出方式，程序提供了 3 种方式，包括："电流 Ia"、"电流 Ib"、"电流 Iab"；
- **频率**：交流电压电流的输出频率（此参数仅对交流型继电器有效）；

-- 测试项目选择"手动试验"时，设置手动试验的有关参数；

- ✧ **当前变量**：试验过程中，选择当前需要变化的变量；
- ✧ **步长**：试验过程中，所选择"当前变量"的每次变化步长；

-- 测试项目选择"动作/返回值"时，设置动作/返回值试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：本参数具有两个作用，
  1. 设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0；
  2. 对于动作值测试，由于测试方法为脉冲式测试，本参数可同时用于设置每步变化输出前所需要的间断时间；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，选择当前需要变化的变量；
- ✧ **变化起点**：当前变量变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：当前变量变化的终点；
- ✧ **步长**：试验过程中，当前变量的每次变化步长；
- ✧ **每步时间**：当前变量按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ **返回方式**：当前变量的返回方式，
- ✧ "动作返回"时，当前变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变当前变量的变化方向，向起点返回。
- ✧ "全程变化"时，无论继电器动作与否，当前变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择"保持线圈—保持值"时，设置保持线圈—保持值试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：试验过程中，设置本试验的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ **当前变量**：试验过程中，选择当前需要变化的变量；
- ✧ **变化起点**：当前变量变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；
- ✧ **变化终点**：当前变量变化的终点；

- ✧ 步长：试验过程中，当前变量的每次变化步长；
- ✧ 每步时间：当前变量按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- ✧ 返回方式：当前变量的返回方式，
- ✧ “动作返回”时，当前变量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变当前变量的变化方向，向起点返回。
- ✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，当前变量仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。
- ✧ 动作线圈 I（动作线圈 U）：继电器动作线圈 I（动作线圈 U）的起动值，其值等于继电器的额定电流（额定电压）；

-- 测试项目选择“动作时间/返回时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

- ✧ 测试次数：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ 间断时间：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电流输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；
- ✧ 故障前：时间：故障前状态的输出时间；
- ✧ 电压（电流）：故障前时间里的输出电压（输出电流）；
- ✧ 故障： 限时：从进入故障到故障结束之间的时间；
- ✧ 电压（电流）：故障中的输出电压（输出电流）；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

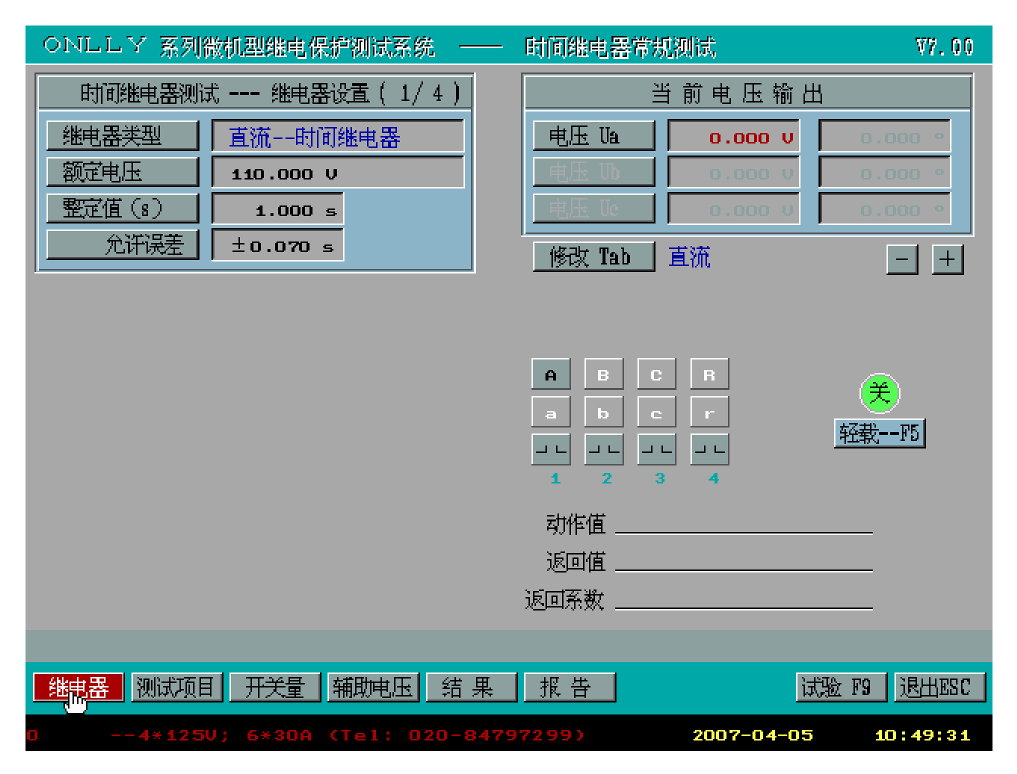
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

- **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；
- **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

§2-13-7 时间继电器

本菜单主要用于测试交、直流时间继电器的动作值、返回值、返回系数以及动作时间等。



主界面分为三个区域：

- 上半区左区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括继电器、测试项目、开关量和辅助电压；
- 上半区右区：电压设置区，实时显示、修改当前电压输出的幅值、角度；
- 下半区：试验结果的辅助显示区，辅助显示当前的试验结果和开入/开出量状态等。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **继电器、测试项目、开关量、辅助电压：**此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果：**显示试验结果，包括动作值、动作时间、返回值、返回时间以及返回系数。
- **报告：**查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5

个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。

- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

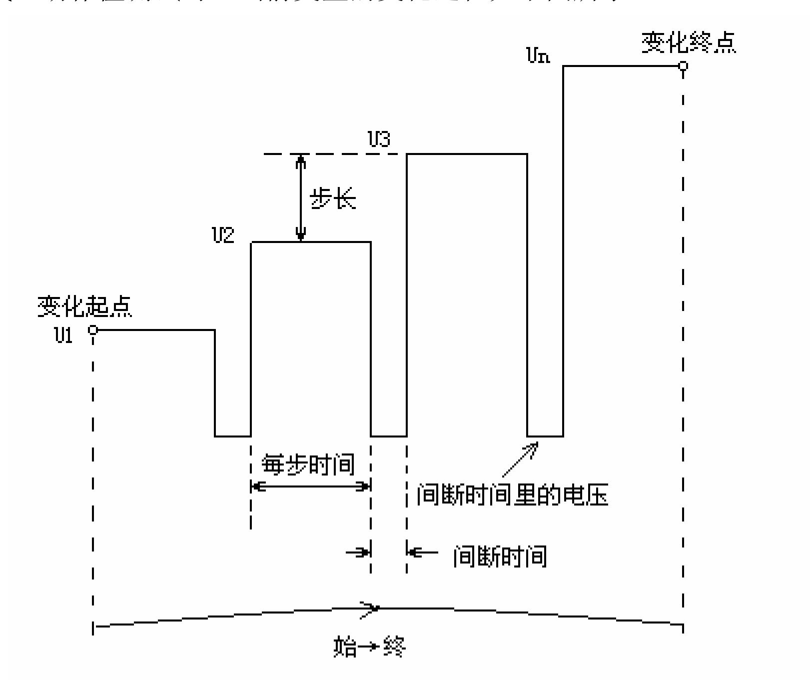
§2-13-7-1 基本原理

- 手动试验：

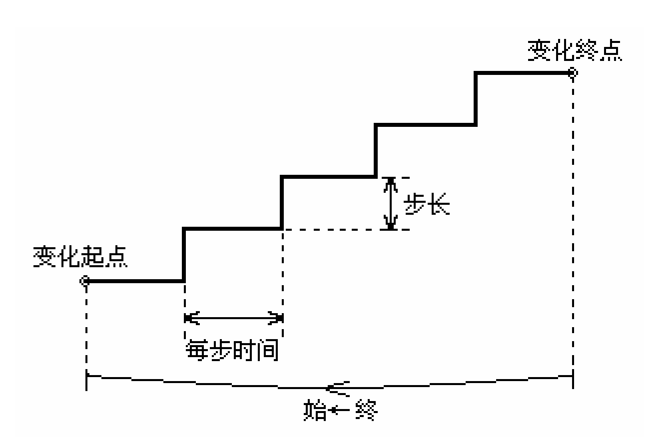
手动控制，按“+”、“-”键可按设定的步长增加或减小当前电压的大小，也可以直接输入电压的幅值，当继电器动作或返回时，按“F8”或“F10”确认动作值或返回值，但此时不记录动作时间和返回时间。如果试验时引入保护动作接点，程序将根据该开入接点的状态变化自动记录动作值、返回值、动作时间以及返回时间等，试验结束后，程序根据以上记录自动计算出返回系数。

- 动作/返回值测试：

程控方式，动作值测试时，当前变量的变化过程如下图所示：



程控方式，返回值测试时，当前变量的变化过程如下图所示：



- 动作时间测试：

程控方式，变量电压从故障前状态翻转到故障状态后开始计时，直到“动作接点”的状态发生翻转。

§2-13-7-2 变量说明

1/4 继电器：

- **继电器类型**：选择待测试时间继电器的类型，程序提供了 2 种常见的电压继电器类型，包括“直流—时间继电器”、“交流—时间继电器”；
- **额定电压**：继电器的额定电压；
- **整定值**（s）：设置待测试时间继电器的时间整定值；
- **允许误差**：配合整定值，用于初始化程控试验时变量的变化范围(用户可在此基础上根据需要另行调整)；

2/4 测试项目：

- **测试项目**：选择继电器的测试项目，程序提供了 3 种测试项目，包括：“手动试验”、“动作/返回值”、“动作时间”；
- **U 输出方式**：试验过程中，选择电压 U 的输出方式，程序提供了 3 种方式，包括：“电压 Ua”、“电压 Ub”、“电压 Uab”；
- **频率**：交流电压的输出频率（此参数仅对交流电压继电器有效）；

-- 测试项目选择“手动试验”时，设置手动试验的有关参数；

- ✧ **U 输出方式**：试验过程中，选择电压 U 的输出方式，程序提供了 3 种方式，包括：“电压 Ua”、“电压 Ub”、“电压 Uab”；
- ✧ **频率**：交流电压的输出频率（此参数仅对交流电压继电器有效）；
- ✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；

-- 测试项目选择“动作/返回值”时，设置动作值试验的有关参数；

- ✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；
- ✧ **间断时间**：本参数具有两个作用，

1. 设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间

里，当前电压电流输出均为 0；

2. 对于动作值测试，由于测试方法为脉冲式测试，本参数可同时用于设置每步变化输出前所需要的间断时间；

✧ **变化起点**：电压变化的起点，起点可以大于终点，也可以小于终点。一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值；

✧ **变化终点**：电压变化的终点；

✧ **步长**：试验过程中，电压 U 的每次变化步长；

✧ **每步时间**：电压按其步长变化时，每一步大小的保持时间。一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。

✧ **返回方式**：电压的返回方式，

✧ “动作返回”时，电压在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变电压的变化方向，向起点返回。

✧ “全程变化”时，无论继电器动作与否，电压仅仅根据变化范围的设置进行变化，直至到达终点或返回到起点。

-- 测试项目选择“动作时间”时，设置“故障前”和“故障”的相关参数；

✧ **测试次数**：设置当前测试项目的测试次数，范围是 1～3；

✧ **间断时间**：设置本次试验结束到下一次试验开始的等待时间，在间断时间里，当前电压输出均为 0（此参数仅当测试次数大于 1 时有效）；

✧ **故障前**：**时间**：故障前状态的输出时间；

✧ **电压**：故障前时间里的输出电压；

✧ **故障**： **限时**：从进入故障到故障结束之间的时间；

✧ **电压**：故障中的输出电压；

3/4 开关量：

● **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

● **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。

● **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

● **辅助电压 Ucx**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；

● **幅值**：测试仪需要输出的辅助电压，在整个试验过程中保持不变；

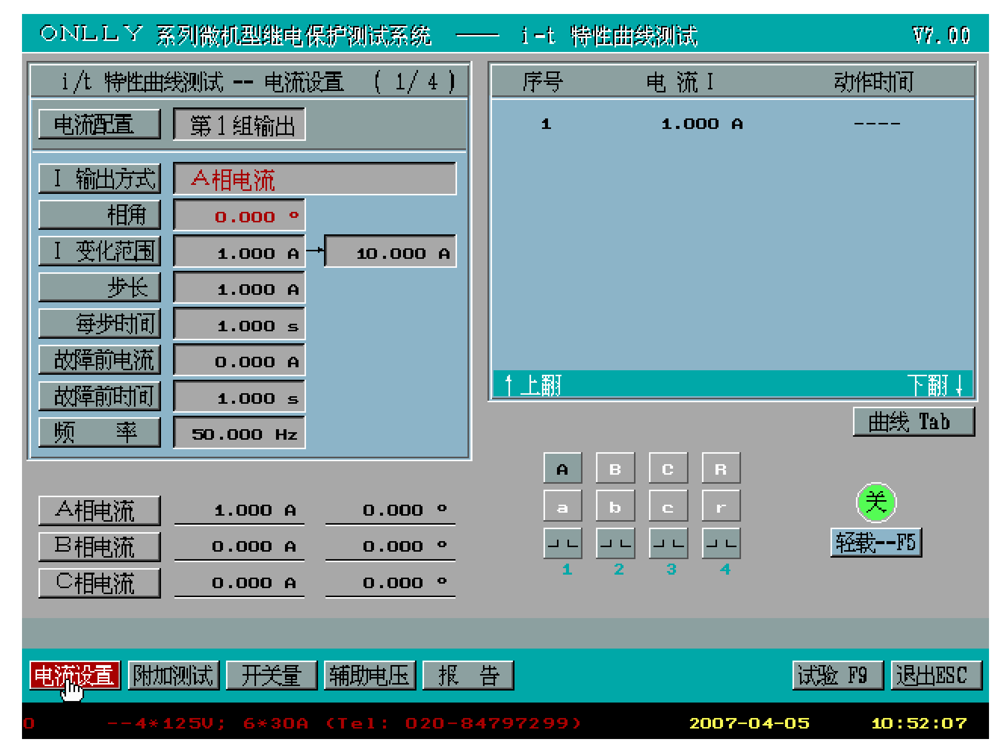
● **频率**：当“辅助电压”选为交流时，测试仪需要输出的交流电压的频率；

§2-14 反时限继电器特性

本菜单主要用于反时限继电器的动作时间特性测试，包括三个测试菜单：i-t 特性，u-t、f-t、u/f-t 特性，以及 z-t 特性。

§2-14-1 i/t 特性

本菜单主要用于测试反时限过电流继电器的 I(t)动作特性；



主界面分为四个区域：

- 左上区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括电流设置，附加测试，开关量，以及辅助电压；
- 左下区：电流显示区，实时显示试验过程中正在输出的 3 相电流的幅值、角度；
- 右上区：试验结果显示区，实时显示试验过程中的测试结果；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电流设置、附加测试、开关量、辅助电压**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，

按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

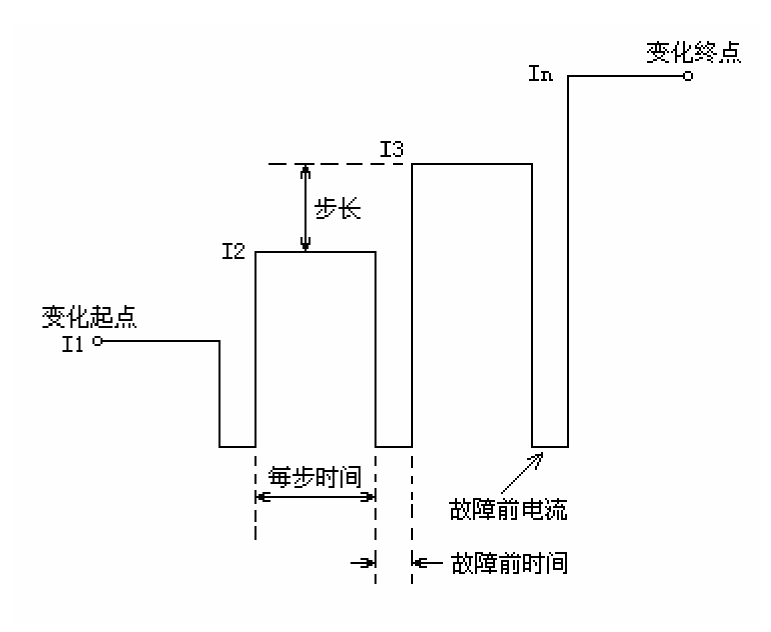
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-14-1-1 基本原理

电流 I 的变化过程如下图所示，逐点测量各电流 I1、I2，...、In 处的动作时间。



§2-14-1-2 变量说明

1/4 电流设置：

- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

  本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。
- **I 输出方式**：选择试验过程中，电流 I 的输出方式。程序提供了 12 种输出方式，包括“A 相电流”、“B 相电流”、“C 相电流”、“AB 电流两并”、“BC 电流两并”、“CA 电流两并”、“ABC 电流三并”、“正序（三相对称）”、“负序（三相对称）”以及负序电流（模拟相间故障）。如果 i/t 试验时的电流较大，建议选择两并或三并输出。试验过程中，并联相的电流相位自动调整为相同，均等于所设定的“相角”；
- **相角**：试验过程中，电流输出的相位角（绝对相位）；
- **I 变化范围**：i/t 特性试验时所需要的测试电流的变化范围（起点，终点）；

- **步长**：测试电流的变化步长。i/t 特性试验时，测试电流从起点出发，以所设定的步长逐点变化，测试各电流点下继电器的动作时间；
- **每步时间**：测试电流变化过程中，每一电流点所保持的最大测试时间。一般地，“每步时间”应大于继电器 i/t 特性中所可能出现的最大动作时间；
- **故障前电流**：测试仪在故障前时间内所输出的电流大小。一般此电流应能保证继电器可靠返回；
- **故障前时间**：为了保证下一个电流测试点测试之前继电器可靠返回，每一个测试点输出之前均设置了一个故障前时间。故障前时间内，测试仪输出所设置的“故障前电流”；
- **频率**：测试仪在整个试验过程中所输出的交流电流、电压频率

2/4 附加测试：i/t 特性曲线的补充测试点

- **基准电流** Ir：附加测试点的基准电流 Ir，一般取继电器的额定电流；
- **附加测试点** 1、2、3、4、5、6：6 个附加测试点，必须选中（打“√”者）方进行测试；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

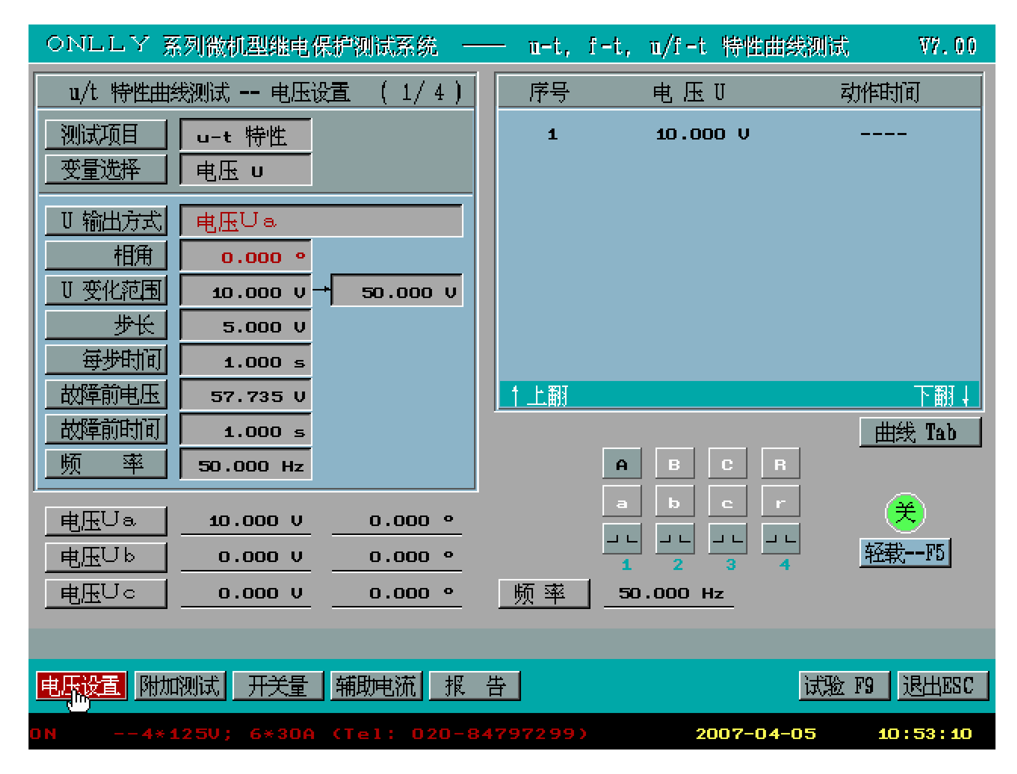
  2）开入接点兼容空接点和带电位接点；
- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电压：

- **辅助电压**：选择辅助电压的类型：直流，或交流；
- A、B、C **相电压**：“辅助电压”选交流时，测试仪需要输出的 3 相交流电压，在整个试验过程中保持不变；
- **直流** Ubc：“辅助电压”选直流时，测试仪需要输出的直流电压，在整个试验过程中保持不变；

§2-14-2　u-t，f-t，u/f-t 特性

本菜单主要用于测试反时限电压继电器的 u(t) 、f（t)、u/f（t）动作特性



主界面分为四个区域：

- 左上区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括电压设置，附加测试，开关量，以及辅助电流；
- 左下区：电压、频率显示区，实时显示试验过程中正在输出的 3 相电压的幅值、角度以及频率；
- 右上区：试验结果显示区，实时显示试验过程中的测试结果；包括动作值、动作时间及显示动作结果曲线；
- 右下区：试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态。

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电压设置、附加测试、开关量、辅助电流**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

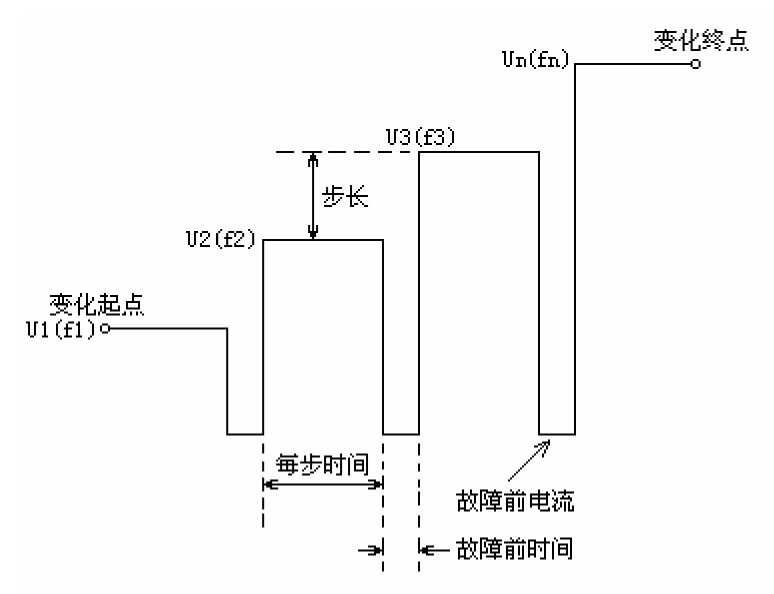
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了 5 个专用报告和 5 个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-14-2-1 基本原理

当前变量的变化过程如下图所示，逐点测量各点的动作时间。



§2-14-2-2 变量说明

1/4 电压设置：

- **测试项目**：程序提供了 3 种测试项目，包括：u-t 特性，f-t 特性，u/f-t 特性。用户根据需要任意设定；
- **变量选择**：程序根据测试项目的选择，自动确定试验过程中的变化量。如：u-t 特性测试时，当前变量为电压 U；f-t 特性测试时，当前变量为频率 F，等等；
- **U 输出方式**：选择试验过程中，电流 U 的输出方式。程序提供了 8 种输出方式，包括“电压 Ua“、“电压 Ub“、“电压 Uc“、“电压 Uab”、“电压 Ubc”、“电压 Uca”、“正序（三相对称）”以及“负序（三相对称）”。如果 u-t 试验时的电压较大，建议选择 Uab、Ubc 或 Uca 线电压方式输出，试验过程中，两相的电压相位自动调整为互差 180°；
- **相角**：试验过程中，电压输出的相位角（绝对相位）；

(以下参数当变量选择为“电压 U”时有效)

- **U 变化范围**：试验时所需要的测试电压的变化范围（起点，终点）；
- **步长**：测试电压的变化步长。试验时，测试电压从起点出发，以所设定的步长逐点变化，测试各电压点下继电器的动作时间；
- **每步时间**：测试电压变化过程中，每一电压点所保持的最大测试时间。一般地，“每步时间”应大于继电器 u-t（f-t，u/f-t）特性中所可能出现的最大动作时间；
- **故障前电压**：测试仪在故障前时间内所输出的电压大小。一般此电压应能保证继电器可靠返回；
- **故障前时间**：为了保证下一个电压测试点测试之前继电器可靠返回，每一个测试点输出之前均设置了一个故障前时间。故障前时间内，测试仪输出所设置的“故障前电压”；
- **频率**：测试仪在整个试验过程中所输出的电压、电流频率；

(以下参数当变量选择为“频率 F 时有效)

- **F 变化范围**：试验时所需要的测试频率的变化范围（起点，终点）；
- **步长**：测试频率的变化步长。试验时，测试频率从起点出发，以所设定的步长逐点变化，测试各频率点下继电器的动作时间；
- **每步时间**：测试频率变化过程中，每一频率点所保持的最大测试时间。一般地，“每步时间”应大于继电器 u-t（f-t，u/f-t）特性中所可能出现的最大动作时间；
- **故障前频率**：测试仪在故障前时间内所输出的频率大小。一般此频率应能保证继电器可靠返回；
- **故障前时间**：为了保证下一个频率测试点测试之前继电器可靠返回，每一个测试点输出之前均设置了一个故障前时间。故障前时间内，测试仪输出所设置的“故障前频率”；
- **电压**：测试仪在整个试验过程中所输出的电压；

2/4 附加测试：

- **基准电压 Ur**：附加测试点的基准电压 Ur，一般取继电器的额定电压，当变量选择为“电压 U”时有效；
- **基准频率 Fr**: 附加测试点的基准频率 Fr，一般取继电器的额定频率，当变量选择为“频率 F”时有效；
- **附加测试点** 1、2、3、4、5、6：6 个附加测试点，必须选中（打“√”者）方进行测试；

3/4 开关量：

- **动作接点**：被测试继电器出口接点在测试仪 8 对开入接点中的接入位置，试验时，程序将根据该开入接点的状态变化情况确定动作或返回。

  注：1）开入接点 A 与 a 共用公共端、B 与 b 共用公共端、C 与 c 共用公共端、R 与 r 共用公共端；

2）开入接点兼容空接点和带电位接点；

- **确认时间**：躲开临界处接点的抖动，接点状态变化后的保持时间大于确认时间时，程序方予以认可记录。一般取 10～20ms。
- **开出量控制**：控制测试仪上的 2（或 4）对开出接点状态，闭合，断开。

4/4 辅助电流：

- **电流**：测试仪在整个试验过程中所保持的 6 相电流输出；

§2-14-3 z/t 特性

测试阻抗型继电器（保护）的 Z(t) 阶梯动作特性。本试验中所有故障均为瞬时性故障，Z 为短路阻抗，t 取跳 A、跳 B、跳 C 中的最大值。



主界面分为三个区域：

- 左半区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 7 页显示，包括：
  - ✧ 定值 1 ：相间阻抗定值设置；
  - ✧ 定值 2 ：接地阻抗定值设置；
  - ✧ 项目： Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ各段阻抗测试倍数选择；
  - ✧ 故障： 测试的故障项目选择；
  - ✧ 设置： 测试时的故障情况设置；
  - ✧ 开关量： 保护出口接点和测试仪的连接设置；
  - ✧ 模型；各状态下电压、电流的计算模型；
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据控制参数的设置，结合计算模型，程序自动计算各测试项目下的电压、电流值；（光标位于菜单区时，按↑，↓键翻页查看各测试项目故障量情况）
- 右下区：试验控制的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。

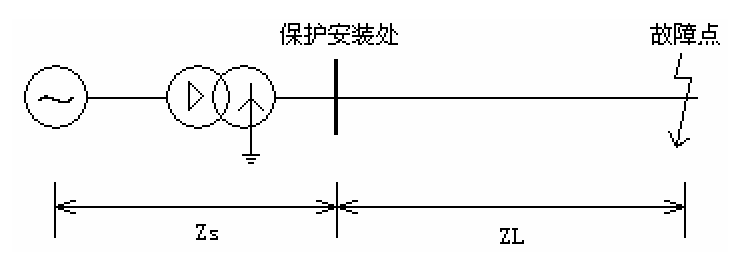
  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

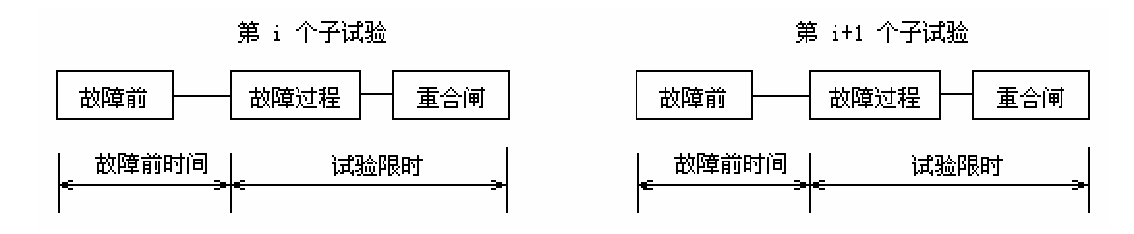
- **设置1、设置2、阻抗点、故障、设置、开关量、模型**：此7项分别对应控制参数设置区的 7 页参数，光标移动到此 7 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，
  - ✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数设置区内移动。
  - ✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。
  - ✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。
- **结果**：显示本次试验结果。
- **报告**：查阅试验报告。由于工控机硬盘容量限制，程序只提供了5个专用报告和5个通用报告用于试验结果的储存、显示。专用报告仅供本测试程序调用，而通用报告可供软件包内的所有测试程序调用。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），
  1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；
  2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-14-3-1 基本原理

单电源网络计算模型：



本试验根据测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置（自启动，或按键启动）。

§2-14-3-2 变量说明

1/7　定值1：相间距离，阻抗定值设置

- **I段阻抗 Z1**：相间距离 I 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **II段阻抗 Z2**：相间距离 II 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；

- **III 段阻抗** Z3：相间距离 III 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **IV 段阻抗** Z4：相间距离 IV 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **I 段电流**：针对 I 段短路阻抗的大小，设置试验时 I 段的故障电流，一般可取 5.0A；（注：如果阻抗定值比较小，如 0.1 欧左右，则为了减小保护测量电流电压的相对误差，应相应地增大短路电流；反之，应减小短路电流，以免短路电压过高。）
- **II 段电流**：针对 II 段短路阻抗的大小，设置试验时 II 段的故障电流，设置方法同上；
- **III 段电流**：针对 III 段短路阻抗的大小，设置试验时 III 段的故障电流，设置方法同上；
- **IV 段电流**：针对 IV 段短路阻抗的大小，设置试验时 IV 段的故障电流，设置方法同上；

2/7 定值 2：接地距离，阻抗定值设置

- **I 段阻抗** Z1：接地距离 I 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **II 段阻抗** Z2：接地距离 II 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **III 段阻抗** Z3：接地距离 III 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **IV 段阻抗** Z4：接地距离 IV 段的阻抗定值，极坐标形式：幅值，角度；
- **I 段电流**：针对 I 段短路阻抗的大小，设置试验时 I 段的故障电流，一般可取 5.0A；（注：如果阻抗定值比较小，如 0.1 欧左右，则为了减小保护测量电流电压的相对误差，应相应地增大短路电流；反之，应减小短路电流，以免短路电压过高。）
- **II 段电流**：针对 II 段短路阻抗的大小，设置试验时 II 段的故障电流，设置方法同上；
- **III 段电流**：针对 III 段短路阻抗的大小，设置试验时 III 段的故障电流，设置方法同上；
- **IV 段电流**：针对 IV 段短路阻抗的大小，设置试验时 IV 段的故障电流，设置方法同上；

3/7 项目：

根据需要选择各段阻抗定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试；

- **I 段阻抗** Z1：选择 I 段阻抗的各测试项目；
- **II 段阻抗** Z2：选择 II 段阻抗的各测试项目；
- **III 段阻抗** Z3：选择 III 段阻抗的各测试项目；
- **IV 段阻抗** Z4：选择 IV 段阻抗的各测试项目；

4/7 故障：

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- **A 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **B 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

- **C 相接地**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **AB 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **BC 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **CA 相间**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；
- **三相短路**：打“√”者表示选中测试，同时可设置该类故障的故障方向；

5/7 设置：

本页参数针对所有进行测试的故障类型进行设置，包括：故障的触发方式，是否为永久性故障、短路合闸角的大小等；

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

6/7 开关量：

测试仪的开入量一般连接保护的动作出口接点，如跳 A、B、C，重合 R 等。

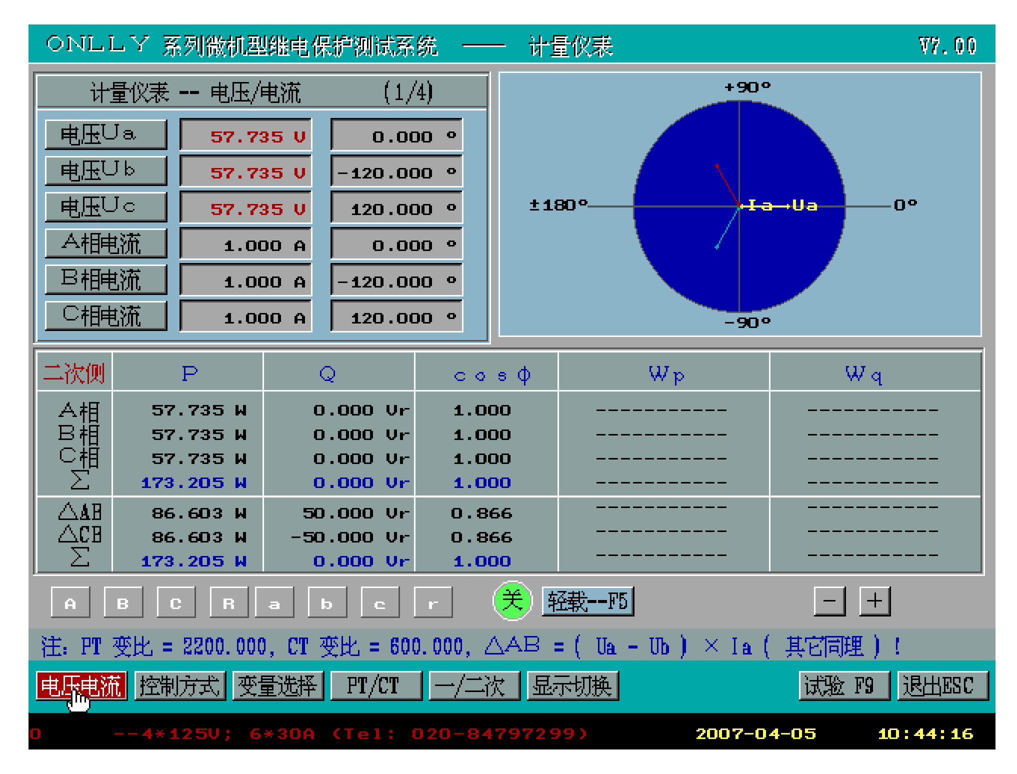
本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

7/7 计算模型：

本页中的所有参数定义同“距离保护定值校验”（详见 2-8-1-2）。

§ 2-15 计量仪表

校验交流型电压表、电流表、有功功率表、无功功率表，以及变送器等计量类仪表。



主界面分为三个区域：

- 左上区：控制参数设置区，用于设置试验时的控制参数，分 4 页显示，包括电压电流，控制方式，变量选择，PT/CT；
- 左下区：当前电压、电流输出所对应的功率显示和试验控制及试验结果的辅助显示区。
  - ✧ 二次侧功率：测试仪当前输出电压（模拟 PT 二次测）、电流（模拟 CT 二次侧）所构成的功率；
  - ✧ 一次侧功率：与测试仪当前输出相对应的 PT 一次电压、CT 一次侧电流所构成的功率；
  - ✧ 试验控制及试验结果的辅助显示区，辅助显示开入/开出量状态等。
- 右上区：电压、电流辅助参数显示区，根据“显示切换”的选择，程序提供了 2 种辅助显示方式，包括矢量图和线序分量；

  注：“轻载—F5”按钮用于测试仪轻重负载的切换。一般情况下测试仪输出为轻载状态，当测试仪所带负载的阻抗值较大或需要输出较大电流时，建议试验前按下 F5 按钮，将测试仪切换到重载状态。

主界面的最下一行为菜单行，按↑↓←→移动光标，按 Enter 执行相应的菜单项：

- **电压电流、控制方式、变量选择、PT/CT**：此 4 项分别对应控制参数设置区的 4 页参数，光标移动到此 4 项上时，控制参数翻到相应页面（也可以按 PgDn、PgUp 键

翻页），此时按 Enter 键则光标切换进入主界面的控制参数设置区，

✧ 按↑↓←→键，光标将在控制参数区和电压电流设置区内移动。

✧ 如果欲修改某项参数，按 Enter 键进入参数输入或选择状态，输入或选择完毕，按 Enter 键确认修改，或按 Esc 键撤消修改。

✧ 按 Esc 键则光标切换返回菜单行中的相应项。

- **一/二次功率**：显示 PT、CT 一次侧功率或二次侧功率（即测试仪当前输出电压、电流所构成的功率），通过按 Enter 键进行切换；
- **显示切换**：选择不同的显示方式辅助显示电压、电流，程序提供了 2 种方式，包括矢量图和线序分量。
- **试验**：启动本次试验（也可以按测试仪面版上的 Start 快捷键）。
- **退出**：本菜单项具有双重功能（也可以按 Esc 键），

1） 当前没有进行试验时（开/关按钮显示为绿色），退出本测试程序，返回主菜单；

2） 当前正在进行试验时（开/关按钮显示为红色），结束试验；

§2-15-1 基本原理

当本试验为手控方式时，试验开始后，根据需要可同时增加和减小 3 路电压、电流的幅值及角度，也可以由用户自行输入所需要的电压、电流。

§2-15-2 变量说明

1/4 电压电流：

电压、电流设置区，实时显示、修改 3 路电压、3 路电流的幅值、角度；

2/4 控制方式：

- **控制方式**：选择试验过程中的控制方式；

✧ 手控：试验过程中，3 相电压和 3 相电流可以按照不同的步长同时发生变化，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按 “+”、“-” 键增加、减小当前变量值，按 Esc 键中止试验等。

✧ 时间控制：试验过程中，电压、电流的输出值是不允许修改的，用户对试验的干预仅限于通过 Esc 键中止试验，选择时间控制，可以进行电度表校验。

- **输出时间**：试验过程中，当前电压、电流输出所持续的时间，当达到输出时间后，程序自动结束试验（此参数仅对时间控制有效）；
- **系统频率**：电压、电流的输出频率；
- **电流配置**：选择 ABC 三相电流的输出方法，可选择“第 12 组并联”、“第 1 组输出”或“第 2 组输出”。

本选项仅对硬件上具有 6 路电流输出功能的测试仪有效。

3/4 变量选择：选择 3 路电压、电流（含幅值、角度）共 12 个参数中需要变化的变量

（打“√”者）以及各自的变化步长（此页参数仅在手控方式下有效）。

- U：选择 3 路电压幅值 Ua、Ub、Uc 中的变量，设置各自的变化步长；
- Ψ：选择 3 路电压角度Ψa、Ψb、Ψc 中的变量，设置各自的变化步长；
- I：选择 3 路电流幅值 Ia、Ib、Ic 中的变量，设置各自的变化步长；
- Ψ：选择 3 路电流角度Ψa、Ψb、Ψc 中的变量，设置各自的变化步长；

4/4 PT/CT：设置 PT、CT 的变比。

- **一次侧 U1=**：PT 的一次侧额定相电压（= 额定线电压/1.732）；
- **二次侧 U2=**：PT 的二次侧额定相电压（= 额定线电压/1.732）；
- **变比 U1/U2**：PT 的变比（= 额定相电压 U1/额定相电压 U2），由程序根据上两个参数自动计算并填写；
- **一次侧 I1=**：CT 的一次侧额定电流；
- **二次侧 I2=**：CT 的二次侧额定电流；
- **变比 I1/I2**：CT 的变比（= 额定电流 I1/额定电压 I2），由程序根据上两个参数自动计算并填写；

附 录

附录一 ONLLY 系列测试软件的安装

为了保证 ONLLY 测试软件的正常运行，即上、下位机软件版本一致，ONLLY 系列测试软件的安装必须包括以下两个步骤：

步骤一：安装外接计算机软件

1、运行 Setup.exe，根据提示，在外接计算机中安装 ONLLY 测试软件包；

(建议从网站 www.onlly.com 下载最新版本进行安装。)

2、安装完毕，计算机桌面上将出现图标“ONLLY-XXXXX 继电保护测试系统”；

步骤二：安装 ONLLY 测试仪内置工控软件

1、利用随机附送的串口线(或 USB 线)将 ONLLY 系列测试仪和外接计算机可靠连接；(注：第一次采用 USB 线连接时，外接计算机中应首先安装 USB 驱动程序)；

2、启动 ONLLY 测试仪，选择“外接 PC 机控制”，并根据上一步的连接情况选择测试仪侧的通讯端口(COM1、COM2 或 USB)；

3、双击外接计算机桌面上的图标“ONLLY-XXXXX 继电保护测试系统”，进入测试主界面；

4、双击主界面右下方的“工控机软件升级”，进入升级子程序；

5、详细阅读其中的升级步骤，根据提示，完成测试仪内置软件的安装。

至此，方全部完成 ONLLY 整套测试软件的安装。

附录二　工控机报告上传

一：用 PC 机报告上传

1、利用随机附送的串口线（ 或 USB 线 ）将 ONLLY 系列测试仪和外接计算机可靠连接；

2、启动 ONLLY 测试仪，选择“外接 PC 机控制”，并根据上一步的连接情况选择测试仪侧的通讯端口（ COM1、COM2 或 USB ）；

3、双击外接计算机桌面上的图标“ONLLY-XXXXX 继电保护测试系统”，进入测试主界面；

4、双击主界面右下方的“工控机报告上传”，进入报告上传子程序，如下图示：



注：如果计算机和测试仪联机成功，则界面右上方出现“Welcome to ONLLY ！”；

如果出现“联机失败”，请检查：

1）ONLLY 测试仪侧设置是否正确：外接 PC 机控制，端口选择；

2）连接线插头是否连接牢靠；

3）如果采用 USB 连接线，PC 机侧 ONLLY-USB 驱动程序是否正确安装；（必要时，建议重新安装驱动程序，安装步骤见主界面上的“ONLLY 快速入门”）；

确认以上正常后，单击 “联机”按钮，手动联机。

5、选择待上传的报告，如“电压/电流”的“专用报告 1”；

6、输入上传后保存报告的文件名称；

7、单击按钮“上传”，则测试仪开始将所选定的报告上传到外接计算机中（对于某些附带曲线或图形的报告，如差动试验等，测试仪将同时将图形文件上传，上传后的

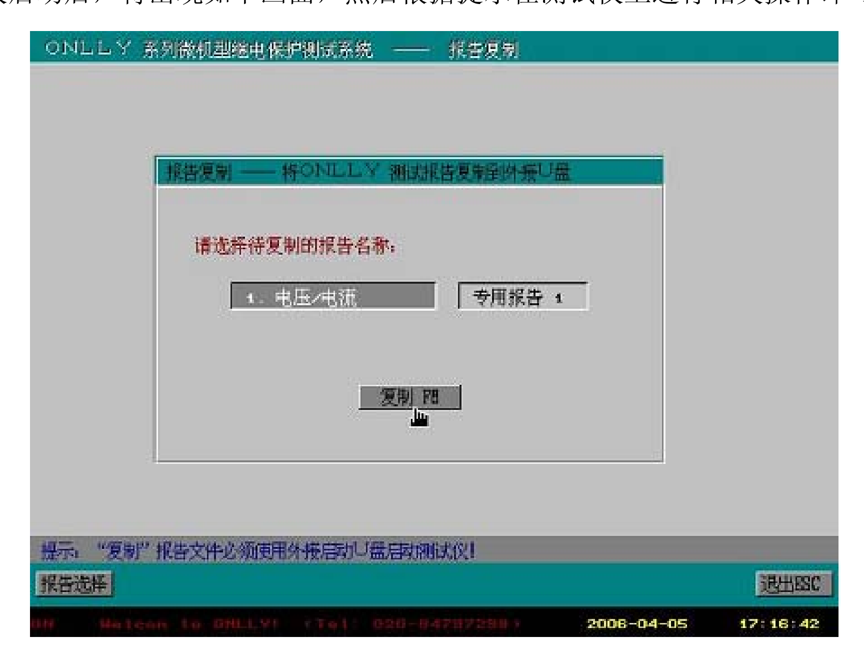
图形文件名称和报告文件相同，扩展名为“.dfg”)；

8、报告上传完毕，单击按钮“查阅报告”可以即时查看刚刚上传的报告文件（也可以在主界面中单击鼠标右键，选择查看报告)；

二：用随机附送的U盘读取测试报告

1、U盘需要安装昂立公司的专用软件，在出厂前均已做好；

2、在测试仪关机状态，先将U盘插到测试仪的USB接口，再打开测试仪的电源开关，测试仪启动后，将出现如下画面，然后根据提示在测试仪上进行相关操作即可；



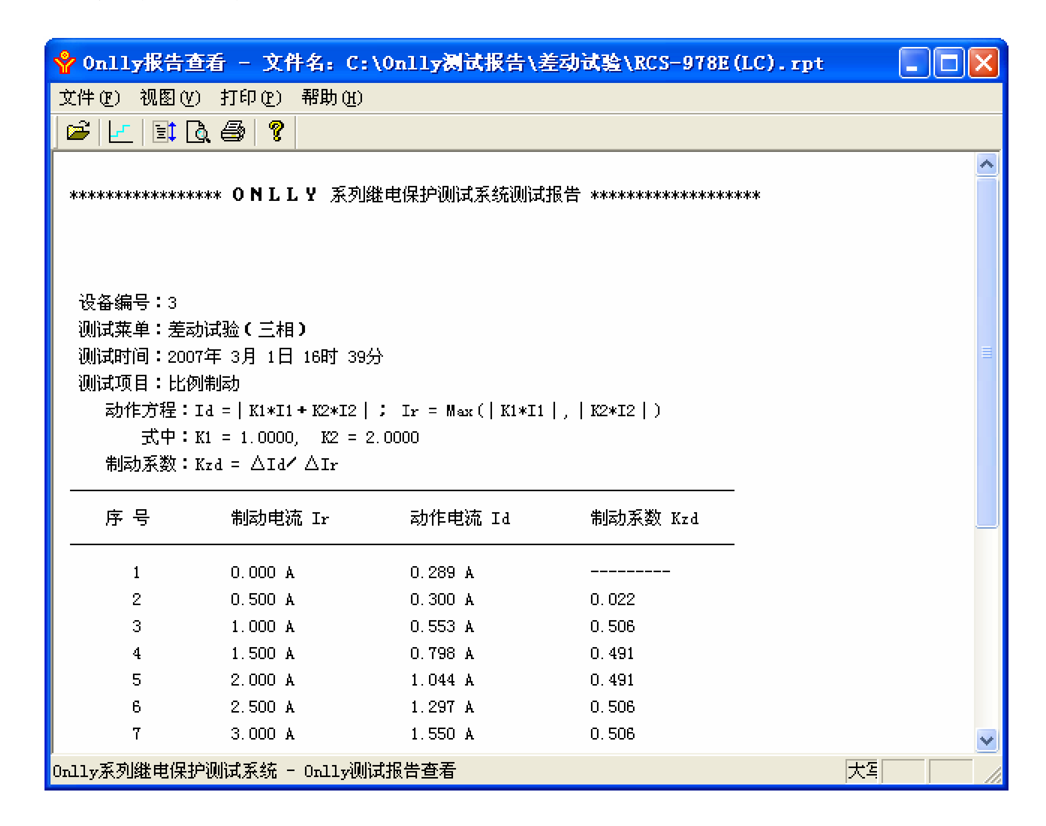


3、断开测试仪电源，取下U盘，在计算机上就可以查看U盘上的相关报告。

附录三 ONLLY 报告查看

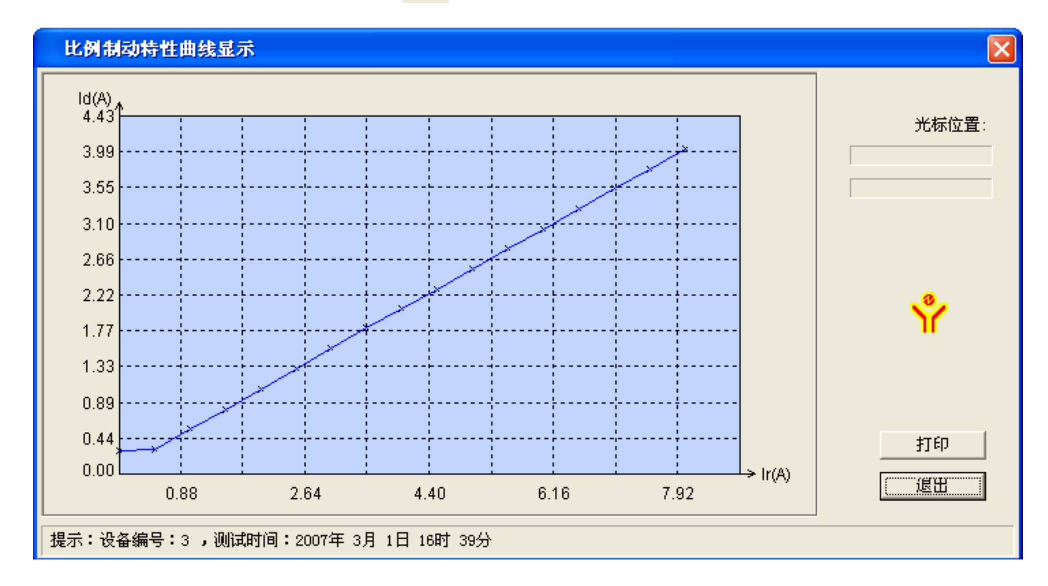
1、双击外接计算机桌面上的图标“ONLLY-XXXXX 继电保护测试系统”，进入测试主界面；

2、单击鼠标右键，选择“ONLLY 报告查看”，选择待查看的报告文件，进入报告查看子程序，如下图示：



● 视图：

✧ 图形方式（或 按钮“ ” ）：查看报告文件所对应的曲线或图形，如下图示：



- 打印：
  - ✧ 页面设置（或 按钮“ ” ）：设置打印纸张的大小及页边距；
  - ✧ 打印预览（或 按钮“ ” ）：根据当前的页面设置，预览打印结果；
  - ✧ 打印（或 按钮“ ” ）：根据当前的页面设置，将当前报告输出到打印机。

通讯地址：广州市番禺区大石鸿图工业园东一栋五层（511430）

电话传真：020-84797298　84795878

http://www.onlly.com　　http://www.onllysimple.com

印数　1-10000 册

ONLLY® 广州昂立电气公司

通讯地址：广州市番禺区大石鸿图工业园东一栋五层（511430）

电话传真：020-84797298　84795878

http://www.onlly.com　http://www.onllysimple.com